V. 22

REVUE GÉNÉRALE

DE

BOTANIQUE

DIRIGÉE PAR

Val. 22 [Part 1]

M. Gaston BONNIER

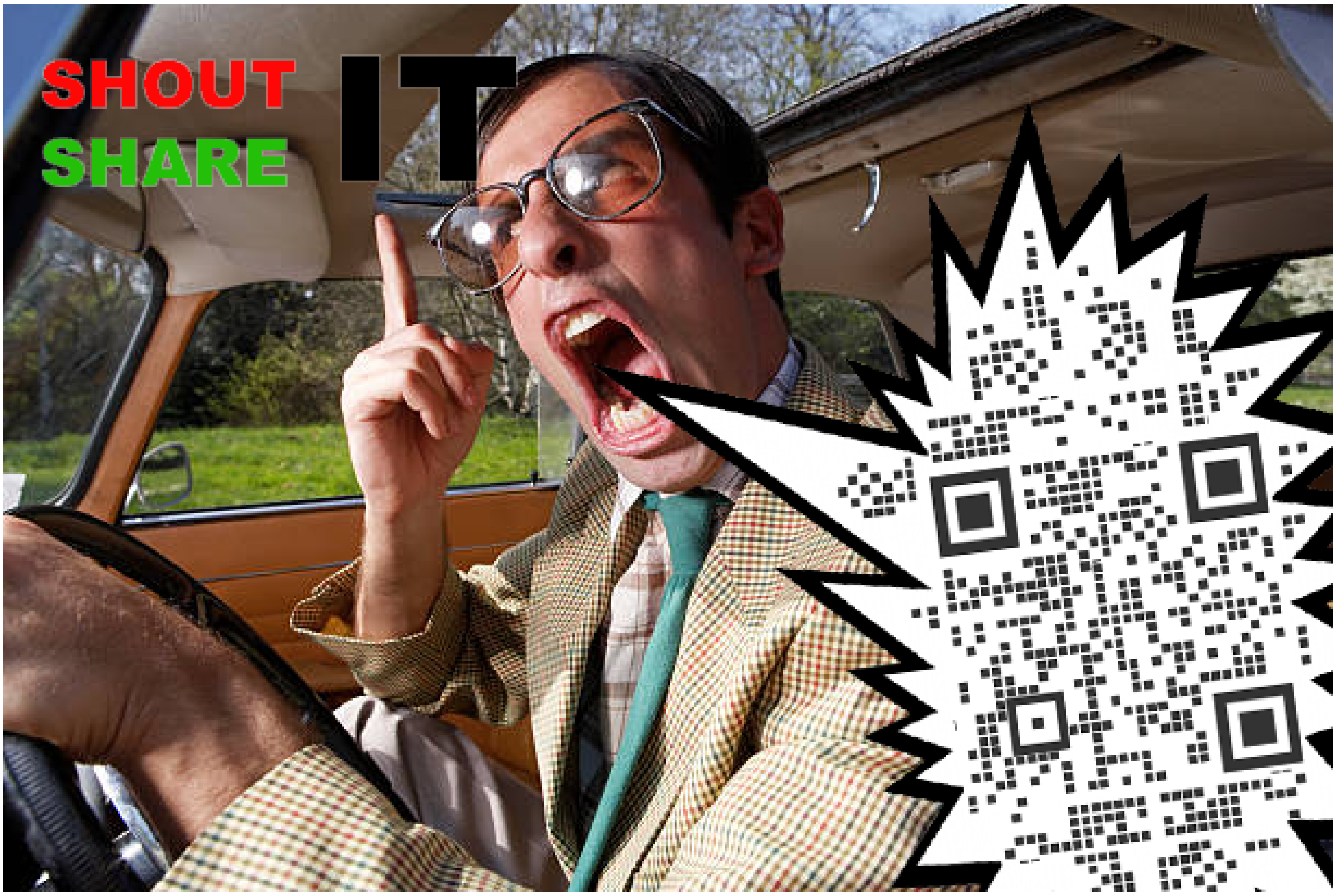
MEMBRE DE L'INSTITUT,
PROFESSEUR DE BOTANIQUE A LA SORBONNE

TOME VINGT-DEUXIÈME

PARIS
LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT
1, RUE DANTE, 1

1910

MO. BOT. GARDEN
1911


SHOUT
SHARE
IT

First page. cover bd at back of vol

LA VÉGÉTATION DE LA PARTIE INFÉRIEURE
DU
BASSIN DE LA MAUDRE
(Seine-et-Oise)

par M. Henri HUMBERT

INTRODUCTION

La portion du département de Seine-et-Oise qui fait l'objet de cette étude est située à l'Ouest de Paris, sur la rive gauche de la Seine : la Maudre (1), venant de l'extrémité septentrionale de la forêt de Rambouillet, se jette dans le fleuve entre Meulan et Mantes. Malgré la richesse et la variété de sa végétation, le territoire que draine cette rivière dans son cours inférieur semble avoir été jusqu'ici quelque peu délaissé par les botanistes : depuis la deuxième édition de la flore de Cosson et Germain, datant de 1861, où sont consignées les découvertes de Beautemps-Beaupré, de Boucheman, Mouillefarine, de Schœnefeld, qui le visitèrent vers le milieu du siècle dernier, d'une façon certainement très superficielle étant donné le peu d'espèces intéressantes que ces botanistes citent dans des localités qui en renferment beaucoup d'autres, on ne trouve presque aucune indication nouvelle sur cette partie de la région parisienne.

Parcourant ce pays depuis plusieurs années, j'y ai étudié les caractères de la répartition des végétaux spontanés ; au cours de ces herborisations, effectuées pour la plupart en compagnie de M. Edmond Velter, interne des hôpitaux de Paris, à qui je dois la connaissance de nombreuses stations de plantes intéressantes, j'ai découvert maintes espèces rares pour la flore régionale, et c'est l'exposé de ces recherches ainsi que l'indication de localités pour la plupart inédites, que je présenterai dans ce travail.

---

(1) On écrit aussi « Mauldre »

Je donnerai d'abord un aperçu succinct de la configuration géographique du territoire, de sa structure géologique et de la nature du sol qui recouvre les divers affleurements, aperçu qui sera indispensable pour l'étude de sa végétation : celle-ci sera examinée alors successivement dans les diverses zones naturelles que l'esquisse précédente aura permis d'établir. Enfin une énumération des espèces rares ou peu communes croissant dans les limites adoptées terminera cette étude, dans laquelle il ne sera question que des plantes vasculaires, les seules sur lesquelles aient porté jusqu'ici mes observations.

Ces limites seront données plus loin. Disons de suite que, forcément arbitraires, elles ont été choisies cependant de façon à procurer le plus grand nombre possible de stations variées sur un espace assez restreint pour ne pas englober les localités classiques des environs de Mantes, de Montfort-l'Amaury, de Marly, etc., trop connues pour qu'il y ait lieu de revenir sur leur description. C'est la raison pour laquelle a été exclue toute la partie supérieure du bassin de la Maudre : la portion de ce bassin avoisinant la forêt de Rambouillet rentre en effet dans le cadre du « Catalogue des plantes des environs de Montfort-l'Amaury et de la forêt de Rambouillet », de Mlle Belèze (1905), qui y signale un grand nombre d'espèces; quant à celle qui s'étend du côté de Versailles par la vallée du Rû-de-Gally, elle est constituée par une vaste plaine monotone presque entièrement cultivée, dont les rares points dignes d'être mentionnés, comme le parc de Grignon, sont connus depuis bien longtemps.

Ce travail a été rédigé à l'École Normale Supérieure, au laboratoire de M. Matruchot, qui m'a aidé de ses conseils et à qui je suis heureux d'exprimer ici ma reconnaissance ; j'adresse également mes plus vifs remerciements à MM. les Professeurs G. Bonnier et L. Bertrand ainsi qu'à MM. G. Camus, Danguy, Gagnepain, Jeanpert, à qui je dois divers renseignements et qui ont bien voulu vérifier mes déterminations.

PREMIÈRE PARTIE

I. ASPECT GÉOGRAPHIQUE DU PAYS. — LIMITES DU TERRITOIRE

En schématisant, on peut dire que le pays est constitué par un vaste plateau situé à 130 mètres d'altitude environ, sillonné par des vallées d'érosion (vallées de la Seine et de ses affluents) dont l'altitude minima est fort basse (14 mètres au confluent de la Seine et de la Maudre) et qui le découpent en portions que nous désignerons dans leur ensemble par le nom de « plateaux moyens ». Ceux-ci sont surmontés, en différents endroits, de petites collines dont les pentes aboutissent à un deuxième étage de plateaux que nous appellerons « plateaux supérieurs » : leur altitude est à peu près de 180 mètres pour ceux situés sur la rive gauche de la Seine et de 200 mètres pour ceux de la rive droite.

La Maudre prend sa source non loin de Montfort-l'Amaury sur le revers nord du plus important de ces plateaux supérieurs, celui sur lequel s'étend la forêt de Rambouillet. Son cours, long d'une trentaine de kilomètres, est sensiblement orienté du Sud au Nord. Elle coule d'abord au fond d'un vallon encadré par les pentes qui limitent ce plateau, puis dans une dépression de plus en plus accentuée du plateau moyen situé au Nord du précédent et dans lequel, après s'être grossie à Neauphle-le-Vieux d'une autre rivière, le Lieutel, issue également des environs de Montfort, elle creuse rapidement sa vallée; les flancs de celle-ci sont constitués par des coteaux dont la hauteur absolue, augmentant à mesure que la vallée s'approfondit davantage, atteint bientôt de 80 à 100 mètres. Près de Beynes, à la vallée de la Maudre se joignent celles de deux autres affluents, le Rû-mal-Droit et le Rû-de-Gally ; plus en aval viennent y aboutir successivement plusieurs petits vallons latéraux ; enfin près d'Épône elle s'élargit et débouche dans la vallée de la Seine, dont nous ferons rentrer dans notre territoire une portion s'étendant, sur la rive gauche, depuis les Mureaux jusqu'à la hauteur du hameau des Fondis près Mézières, et constituée par une vaste plaine alluviale que la Maudre traverse avant de se jeter dans le fleuve.

C'est celui-ci qui formera la limite naturelle de notre territoire au Nord. En joignant le hameau des Fondis au hameau de Cressay près Neauphle-le-Vieux, point où la vallée de la Maudre commence à se dessiner nettement, par une ligne passant par Vélannes, nous obtiendrons notre limite occidentale d'une façon évidemment artificielle, mais qui a l'avantage d'admettre une portion suffisante du plateau moyen situé à l'Ouest de la Maudre. Du côté du Sud-Est nous couperons par une ligne allant de Cressay à Crespières le plateau moyen qui s'étend jusqu'auprès de Versailles et que draîne la vallée du Rû-de-Gally, et de là nous rejoindrons les Mureaux en passant par les Alluets et Bouafle de façon à englober une partie du plateau supérieur qui forme la bordure Nord-Est du bassin de la Maudre.

Le territoire ainsi limité présente, sur une surface assez restreinte (environ 12.000 hectares), tous les genres de stations que peut offrir le pays ; il ne renferme pas de trop grandes étendues de plateaux monotones et sans intérêt, et il n'empiète pas sur les localités classiques maintes fois visitées par les botanistes.

II. CONSTITUTION GÉOLOGIQUE ET NATURE DU SOL

Constitution géologique. — Dans cette étude nous supposerons que, partant du fond de la vallée de la Seine ou de celle de la Maudre dans son cours inférieur, nous nous élevons jusqu'au sommet des plateaux supérieurs, et nous énumérerons toutes les formations que nous rencontrerons successivement.

Le fond de la vallée est occupé par le Diluvium (alluvions anciennes) recouvert le long de la rivière par les alluvions modernes, et souvent, au pied des coteaux qui la bordent, par des éléments d'éboulis empruntés à ces coteaux et aux plateaux qui les surmontent.

Les premières assises dont on rencontre l'affleurement en remontant ces coteaux sont celles de la craie sénonienne (Emschérien et Aturien). Dans ces bancs de craie sont intercalés de nombreux rognons de silex.

Le calcaire pisolithique (Montien) n'est représenté que sur un seul point de notre territoire : reposant sur la craie aturienne ravinée, il forme la base du coteau au sommet duquel est le village de Montainville, et de celui situé en face sur l'autre rive de la Maudre.

Partout ailleurs la craie blanche est surmontée directement par l'argile sparnacienne correspondant à l'argile plastique de Meudon, recouverte elle-même par une mince couche de sables yprésiens (sables de Cuise). L'argile supporte une nappe d'eau qui imprègne ces sables.

Le Lutétien est constitué par une série de puissantes assises calcaires formées de bancs plus ou moins compacts alternant avec des bancs de calcaires marneux ou sableux ; certains d'entre eux, dans le Lutétien inférieur et moyen, passent latéralement à des sables coquilliers du côté de Montainville et de Beynes. D'une façon générale, l'affleurement du calcaire grossier occupe toute la moitié supérieure des coteaux bordant les vallées, et le Lutétien supérieur forme le sous-sol du bord des plateaux moyens. Parfois le sommet du Lutétien supérieur affleurant ainsi sur le bord du plateau, est silicifié et décalcifié, et la roche calcaire est remplacée superficiellement par une roche siliceuse, mêlée à une argile rougeâtre formée par le résidu de la décalcification opérée par les eaux météoriques chargées de CO^2. Nous verrons plus loin l'intérêt de cette constatation.

Sur les plateaux moyens, qui ne sont pas parfaitement horizontaux et dont la surface se relève insensiblement jusqu'à la base des pentes qui aboutissent aux plateaux supérieurs, viennent affleurer les sables de Beauchamp (Bartonien inférieur), puis des bancs calcaires et marneux appartenant au Bartonien moyen et supérieur et à la base du Tongrien (calcaire de Saint-Ouen et calcaire de Champigny), sur lesquels reposent les argiles vertes du Tongrien qui affleurent ordinairement à la base des pentes en question.

Ces argiles sont surmontées soit directement par les marnes calcaires à *Ostrea cyathula* de la base du Stampien, soit, comme du côté d'Herbeville, par un calcaire lacustre (calcaire de Brie) intercalé entre ces deux formations ; au-dessus s'étend une nouvelle nappe d'eau très importante qui est l'origine de la plupart des rivières du pays, en particulier de la Maudre et de ses affluents.

Au-dessus des marnes à *Ostrea*, le reste du Stampien est représenté par une puissante assise de sables siliceux d'une quarantaine de mètres d'épaisseur : ce sont les sables de Fontainebleau, qui occupent la plus grande partie de la hauteur des collines supérieures. Ils sont couronnés par la meulière de Beauce constituée ici par une roche décalcifiée siliceuse entremêlée d'argile : c'est elle qui forme le sous-sol des hauts plateaux. Ceux-ci, comme d'ailleurs les plateaux moyens, sont en partie recouverts par un limon quaternaire qui masque la roche sous-jacente.

Notons enfin la présence de sables siliceux miocènes (sables de la Sologne) déposés dans des poches de ravinement et occupant sur notre territoire, d'une part, deux ilôts à flanc de coteau sur chaque rive de la Maudre, à 1 kilomètre en aval de Beynes, et, d'autre part, une bande, longue de 1.500 mètres, sur le bord du plateau des Alluets, au Sud du village de ce nom.

Plusieurs plis parallèles, orientés du Nord-Ouest au Sud-Est traversent le pays. Un peu au Sud de Beynes passe un anticlinal que coupe obliquement la vallée de la Maudre. Le niveau des couches s'y relève assez pour que les assises supérieures de la craie atteignent le sommet des coteaux. Ceux-ci sont donc entièrement crayeux ; le sous-sol du bord du plateau moyen est formé par la craie aturienne recouverte par l'argile à silex provenant de la décalcification des assises superficielles ; l'argile sparnacienne et les assises lutétiennes affleurent alors sur le plateau lui-même, assez loin du bord. Dans le voisinage de l'anticlinal, les couches sparnaciennes s'amincissent et disparaissent même localement.

En descendant la vallée de la Maudre, on voit au contraire les couches plonger lentement vers la faille synclinale qui passe à Maule, pour se relever ensuite vers le village de la Falaise où passe l'anticlinal de la Seine.

Nature du sol. — Le long de la Seine et de la Maudre, les alluvions modernes constituent une terre limoneuse plus ou moins calcarifère, qui recouvre les alluvions pléistocènes, suivant une bande de quelques centaines de mètres de largeur, de part et d'autre du cours d'eau. Dans la plaine alluviale de la Seine, lorsqu'en s'éloignant du fleuve on dépasse cette zone d'alluvions modernes, on arrive sur un sol sablonneux plus ou moins graveleux constitué par la surface même du Diluvium, et occupant plus de la moitié de la largeur de la plaine : très souvent ce sol est décalcifié à la surface, ne produisant à froid aucune effervescence avec les acides.

En se rapprochant davantage des coteaux, on voit le niveau de la plaine se relever insensiblement ; le sol n'est plus constitué par la surface à peu près dénudée des alluvions anciennes, mais par une terre argilo-calcaire d'abord légère parce que, son épaisseur étant faible, elle se mélange aux sables sous-jacents, puis plus forte et d'autant plus calcaire que les coteaux sont plus proches : ce sol est constitué par des éléments provenant du ravinement des pentes qui bordent la vallée.

Dans la vallée de la Maudre, beaucoup plus étroite que celle de la Seine, les alluvions modernes rejoignent directement ces éléments marneux et le Diluvium est partout recouvert : on n'y trouve donc pas de sables dénudés.

Le sol qui recouvre le flanc des coteaux bordant les vallées présente, à très peu de chose près, les mêmes caractères sur la craie et sur le calcaire lutétien : c'est une terre très calcaire mêlée vers le bas des coteaux, de silex empruntés à la craie et de débris de pierres provenant de la désagrégation des bancs crétacés. Plus haut, à l'affleurement du Lutétien, le sol est formé par un mélange de débris pierreux calcaires divisés inégalement, d'autant plus grossiers qu'ils proviennent de bancs plus rocheux, les bancs sableux ou marneux produisant naturellement des éléments plus fins que les eaux de pluie entraînent et mélangent aux premiers quand ceux-ci sont situés plus bas.

Le calcaire pisolithique joue exactement le même rôle, au point de vue auquel nous nous plaçons actuellement que les bancs rocheux du Lutétien.

En somme, d'une façon générale, le sol de ces coteaux est très calcaire, souvent très pierreux et réduit à une couche de quelques décimètres reposant sur les bancs rocheux. Toutefois, lorsque les pentes des coteaux s'atténuent, le sol, moins exposé au ravinement, devient plus profond et plus marneux.

L'affleurement de l'argile sparnacienne et des sables de Cuise intercalés entre la craie et le calcaire grossier est souvent masqué parce que les éléments du sol calcaire correspondant au Lutétien débordent sur ces deux assises et les recouvrent : le rôle des sables de Cuise dans la constitution du sol est même à peu près nul par suite de cette circonstance. Il n'en est pas de même pour la première assise, qui, dans la portion inférieure de la vallée de la Maudre, produit à peu près à mi-côte un sol argileux plus ou moins chargé de calcaire provenant des éléments empruntés aux assises lutétiennes qui affleurent au-dessus ; ce sol doit à la nappe d'eau surmontant l'argile une fraîcheur qui contraste avec l'aridité de la terre très calcaire et très sèche du reste des coteaux ; il forme une bande interrompue, à peu près horizontale, jalonnée par une série de sources et de stations humides. Plus près de Beynes, l'épaisseur de l'argile plastique diminue et son rôle devient négligeable.

Aux deux points où se trouvent sur les coteaux près de Beynes les sables de la Sologne, la terre est non plus calcaire, mais siliceuse.

Sur le bord des plateaux moyens, la nature du sous-sol étant variable, il en est de même de celle du sol : près de Beynes, l'argile à silex qui surmonte la partie supérieure de la craie forme un sol compact ne produisant le plus souvent aucune effervescence avec les acides. Ailleurs, les bancs du Lutétien supérieur sont recouverts d'une terre pierreuse, très calcaire, sauf dans les points où, comme nous l'avons vu précédemment, ils sont décalcifiés : le sol est alors formé d'une terre argileuse entremêlée de pierres siliceuses.

Si nous nous éloignons du bord du plateau, nous rencontrons une terre sablonneuse, peu ou point effervescente, due à l'affleurement des sables de Beauchamp. Plus loin, l'affleurement des calcaires marneux du Bartonien et de la base du Tongrien se révèle par la présence d'une terre forte, plus ou moins calcarifère, parfois décalcifiée, recouvrant avec des limons quaternaires une grande partie de la surface du plateau.

A la base des pentes supérieures, au niveau de l'argile verte et des marnes à *Ostrea*, le sol devient très argileux et présente, principalement au fond des petits vallons qui échancrent ces pentes, de nombreuses stations humides jalonnant le pourtour de la seconde grande nappe aquifère : à ce sol, peuvent s'ajouter des éléments calcaires, provenant des marnes à *Ostrea*. Quant au calcaire de Brie, son rôle est fort effacé.

En remontant ces pentes, nous trouvons un sol sablonneux-siliceux, formé par la surface d'affleurement des sables de Fontainebleau. D'abord assez frais à cause de la proximité de la nappe aquifère, ce sol devient très sec un peu plus haut, et, dans les lieux non boisés, ces pentes constituent une des stations les plus arides du pays.

Enfin, en arrivant aux plateaux supérieurs, nous rencontrons un sol siliceux, pierreux et plus ou moins argileux, dû à la présence des argiles à meulières provenant de la décalcification du calcaire de Beauce, devenant plus léger et souvent légèrement effervescent sur les parties du plateau recouvertes par les limons quaternaires.

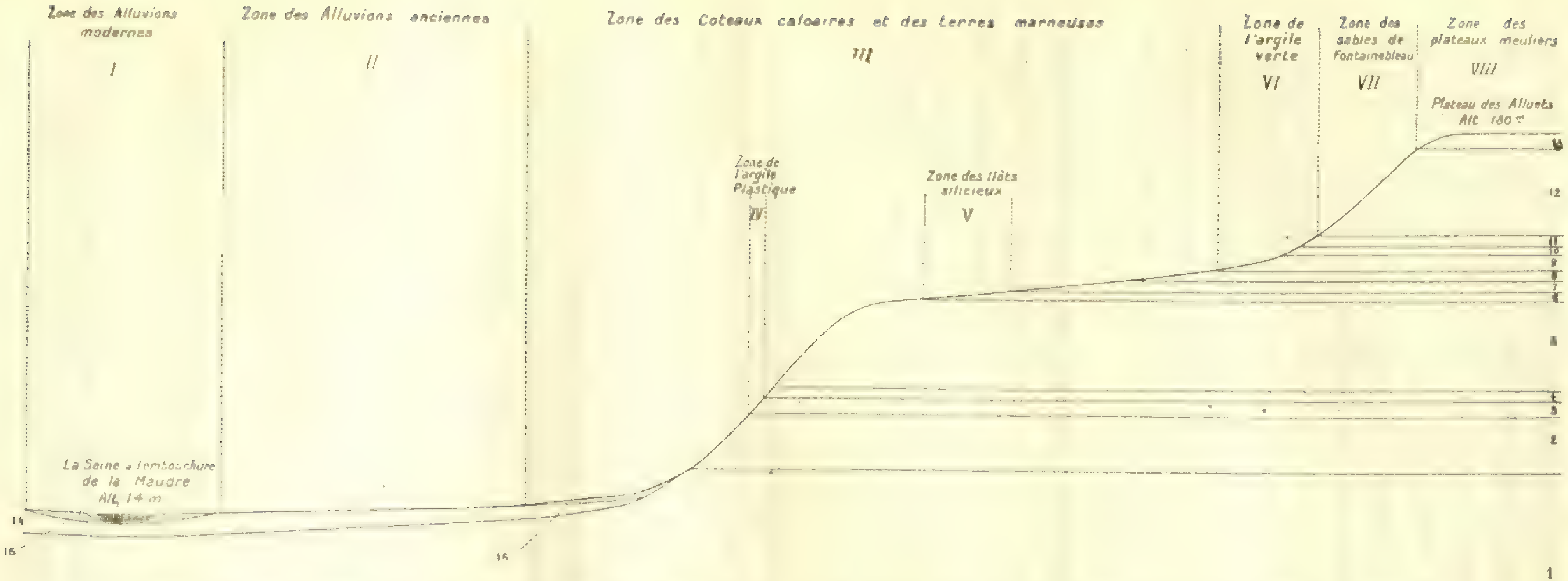
De tout ce qui précède, il résulte que l'on peut établir, uniquement d'après les variations de la nature du sol, une série de zones s'étageant depuis le fond des vallées jusqu'au sommet des plateaux supérieurs, zones liées, le plus souvent directement, à la constitution géologique du sous-sol, et indirectement à la topographie, puisque ce sont les phénomènes d'érosion ayant accidenté le pays qui ont mis successivement à jour des assises de plus en plus anciennes dont ils ont déterminé l'affleurement.

Nous distinguerons donc, au point de vue de la nature du sol, huit zones principales :

1° *La zone des alluvions modernes*, caractérisée par une terre limoneuse plus ou moins chargée de calcaire ;

2° *La zone des alluvions anciennes* : sol sablonneux, tantôt vraiment siliceux, au moins à la surface, tantôt plus ou moins calcarifère ;

3° *La zone des coteaux calcaires et des terres marneuses*, présentant des nuances de composition, selon qu'on la considère,


Zone des Alluvions modernes
I
Zone des Alluvions anciennes
II
Zone des Coteaux calcaires et des terres marneuses
III
Zone de l'argile Plastique
IV
Zone des Ilôts silicieux
V
Zone de l'argile verte
VI
Zone des sables de Fontainebleau
VII
Zone des plateaux meuliers
VIII
Plateau des Alluets
Alt 180 m
La Seine à l'embouchure de la Maudre
Alt. 14 m
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
14
15
16

Coupe schématique de l'embouchure de la Maudre au plateau des Alluets (Orientation N.-W. — S.-E.).

Échelle des longueurs $\frac{1}{40.000}$ — Échelle des hauteurs : $\frac{1}{4.000}$

1. Craie emschérienne.
2. Craie aturienne.
3. Argile plastique (Sparnacien).
4. Sables de Cuise (Yprésien).
5. Calcaire grossier (Lutétien).
6. Sables de Beauchamp (Bartonien inférieur).
7. Calcaires et marnes de Saint-Ouen (Bartonien moyen).
8. Marnes du Bartonien supérieur et de la base du Tongrien.
9. Argile verte (Tongrien).
10. Calcaire de Brie (manque fréquemment).
11. Marnes à *Ostrea cyathula* (base du Stampien).
12. Sables de Fontainebleau (Stampien).
13. Argiles à meulières (Aquitanien).
14. Alluvions anciennes.
15. Alluvions modernes.
16. Eboulis.

soit sur les pentes arides des coteaux, soit sur les plateaux moyens, les coteaux en pente douce et le bord des vallées au pied de ces coteaux : plus rocheuse et plus sèche ordinairement dans le premier cas, plus marneuse dans le second cas ;

4° *La zone de l'argile plastique*, coupant horizontalement la précédente le long des coteaux calcaires et contrastant avec elle par son imperméabilité et son humidité ;

5° *La zone des ilôts siliceux* englobés dans la troisième zone, que l'on peut considérer comme des accidents locaux dûs le plus souvent ([1]) soit à l'argile à silex (au Sud-Est et au Sud de Beynes), soit à la décalcification du Lutétien supérieur (entre Montgardé et Aubergenville, au dessus des Fondis près Mézières, etc.) ou des sables de Beauchamp (dans le haut du parc d'Aubergenville), soit enfin aux sables de la Sologne (au Nord de Beynes) ;

6° *La zone de l'argile verte*, à laquelle nous rattachons les affleurements du calcaire de Brie et des marnes à *Ostrea* ; elle se montre ordinairement à la base des pentes supérieures, où elle détermine une série de stations humides ;

7° *La zone des sables de Fontainebleau*, à sol sablonneux-siliceux, constituant les pentes supérieures ;

8° *La zone des plateaux meuliers*, formée d'argiles à meulières partiellement recouvertes de limons quaternaires.

Il nous a paru tout à fait superflu de donner des indications sur le climat d'un pays appartenant à la région parisienne ; d'autre part il est bien évident que dans une circonscription de surface aussi restreinte que celle-ci, les différences climatériques d'un point à un autre sont à peu près nulles et ne peuvent jouer aucun rôle dans la distribution des végétaux. Il en est de même de l'influence de l'altitude : ses plus grands écarts n'atteignant pas 200 mètres, il est impossible d'attacher quelque importance à ce facteur. Du chapitre suivant ressortira d'ailleurs nettement que les variations de végétation observées dans ce territoire sont dues presque uniquement à l'influence du sol.

---

(1) Voir note (2), p. 24.

III. Végétation (1)

I. Zone des alluvions modernes. Nous examinerons sa végétation d'abord le long de la Seine, puis le long de la Maudre (et de ses affluents).

Il y a peu de chose à dire de la végétation phanérogamique du fleuve et de ses berges : dans l'eau même croissent des plantes aquatiques vulgaires, comme *Ranunculus aquatilis*, *R. fluitans* *R. trichophyllos*, *Nuphar*, *Ceratophyllum*, *Potamogeton*, *Naias major*, etc., auxquelles s'ajoutent, de préférence dans les bras morts, quelques espèces des eaux tranquilles : *Limnanthemum nymphoides*, *Hydrocharis Morsus-ranæ*, *Lemna* variés, etc. Les berges sont bordées de Saules sur presque toute leur longueur : les *Salix viminalis*, *S. alba*, *S. cinerea*, *S. Capræa* et *S. fragilis* sont les plus répandus ; *S. triandra*, *S. purpurea*, *S. rubra* et *S. aurita* sont plus disséminés ; *S. hippophaefolia* et *S. undulata* sont rares ; des Peupliers (surtout *P. nigra*) et des Aunes accompagnent les Saules. Sur le bord de l'eau est une série d'espèces que l'on trouve toujours en pareille station : *Epilobium hirsutum*, *E. parviflorum*, *Nasturtium amphibium*, *Œnanthe Phellandrium*, *Helosciadium nodiflorum*, *Rumex Hydrolapathum*, *Alisma Plantago*, *Sagittaria*, *Butomus*, *Iris pseudacorus*, *Sparganium ramosum*, *Scirpus lacustris*, *S. maritimus*, *S. palustris*, divers *Carex*, *Phragmites*, *Baldingera*, etc... çà et là *Inula britannica* et *Senecio paludosus*. Un peu en arrière des berges, on peut citer sur la terre limoneuse humide *Thalictrum flavum*, *Erysimum cheiranthoides*, *Malachium aquaticum*, *Galium palustre*, *G. elongatum*, *Valeriana excelsa*, *V. dioica*, *Lysimachia vulgaris*, etc., et, dans les parties plus asséchées, *Brassica nigra* en extrême abondance presque tout le long du fleuve, *Lappa major*, etc. Dans les endroits herbeux se rencontrent *Melilotus albus*, *Palimbia Chabræi*, *Verbascum nigrum*, *Aristo-*

---

(1) Les espèces énumérées dans les listes données dans les divers paragraphes de ce chapitre sont choisies parmi celles dont l'ensemble peut caractériser chacune des zones étudiées : ces listes ne renferment donc ni les espèces ubiquistes communes à toutes les zones ou à peu près, ni celles qui sont trop rares pour jouer un rôle à ce point de vue, et qui seront mentionnées seulement dans la 2e partie.

lochia Clematitis, parfois *Veronica Teucrium* (var. *angustifolia*) et *Ophrys apifera*.

En s'éloignant de la Seine, on rencontre, presque immédiatement, des champs cultivés au delà desquels commence bientôt la zone des alluvions anciennes.

Dans la vallée de la Maudre, la terre constituée par les alluvions modernes occupe la majeure partie du fond de la vallée et est le plus souvent couverte de prairies ou livrée à la culture, surtout à celle des légumes. Les premières n'offrent d'autre intérêt que celui de leur présence dans un pays où elles sont fort restreintes et reléguées précisément dans le fond des vallées non sablonneuses. Quant aux champs de légumes, soigneusement entretenus, ils excluent presque totalement la végétation spontanée : celle-ci doit donc être étudiée sur les berges de la rivière ainsi que dans les bois et les lieux marécageux qui la bordent.

Dans la Maudre elle-même et sur les bords de l'eau, on trouve à peu près les mêmes espèces vulgaires que celles que nous avons indiquées pour la Seine, et qui accompagnent tous les cours d'eau. Notons seulement la présence du *Potamogeton Friesii* dans la rivière et l'abondance du *Caltha palustris* sur ses berges que garnit fréquemment le *Cardamine silvatica*. Les Saules sont beaucoup moins variés qu'au bord de la Seine : *S. alba*, *S. fragilis* et *S. viminalis* sont surtout ceux que l'on rencontre; *Populus nigra* est l'arbre le plus répandu.

Dans les bois longeant la Maudre, formés surtout de Peupliers, d'Aunes, d'Ormes, de Frênes, végètent la Ficaire, le Colchique, qui envahit souvent les prairies, *Scirpus silvaticus*, quelques *Carex*, *Deschampsia cæspitosa* (1), *Equisetum maximum* et quelques autres plantes banales dont l'énumération serait fastidieuse ; *Bromus giganteus* et *Dipsacus pilosus* s'y rencontrent de temps en temps.

Les parties marécageuses offrent plus d'intérêt ; c'est en aval de la Falaise que ce genre de station est le mieux représenté. Le fond de la végétation est constitué par *Epilobium hirsutum*, *E. parviflorum*, *Spiræa Ulmaria*, *Lythrum Salicaria*, *Inula dysenterica*, *Lysimachia vulgaris*, *Scrofularia aquatica*, *Stachys palus-*

---

(1) Fréquemment à épillets vivipares.

tris, divers *Mentha*, *Lycopus europæus*, *Festuca arundinacea*, divers *Juncus* et *Carex*, etc., en compagnie desquels croissent :

Thalictrum flavum.
Œnanthe peucedanifolia.
Galium palustre.
Galium uliginosum.
Valeriana excelsa.
Valeriana dioica.
Eupatorium cannabinum.
Cirsium oleraceum.
Cirsium palustre.
Veronica scutellata.
Veronica Anagallis.
Veronica anagalliformis (plus rare).
Scutellaria galericulata.
Euphorbia palustris.
Sparganium simplex.
Cyperus fuscus.

Dans le fond des vallées affluentes, la végétation présente les mêmes caractères que dans la vallée de la Maudre elle-même.

En résumé cette zone est surtout caractérisée par l'abondance des hygrophiles.

II. **Zone des alluvions anciennes.** — Nous savons que cette zone est à peu près nulle dans la vallée de la Maudre où le Diluvium est presque partout recouvert par les alluvions modernes ou par les terres marneuses descendues du flanc des coteaux. Il n'en est pas de même dans la plaine alluviale de la Seine où elle constitue d'immenses étendues sablonneuses particulièrement intéressantes à étudier entre les Mureaux et la Garenne : quelques maigres bois les recouvrent, mais la plus grande partie de leur surface est dénudée et inculte, et de nombreuses espèces psammophiles y prospèrent. Sur des centaines d'hectares, les plantes les plus répandues et donnant à la végétation son caractère particulier sont :

Helianthemum guttatum.
Helianthemum vulgare.
Silene conica.
Dianthus prolifer.
Spergula pentandra.
Spergula arvensis.
Holosteum umbellatum.
Alsine tenuifolia (1).
Trifolium scabrum.
Trifolium arvense.
Medicago minima.
Vicia lathyroides.
Ornithopus perpusillus.
Herniaria hirsuta.
Sedum acre.
Sedum elegans.
Sedum reflexum.
Saxifraga granulata (surtout dans les bois)
Artemisia campestris.
Filago germanica.
Filago apiculata.
Filago arvensis.
Filago minima.
Filago gallica.
Hypochœris glabra.
Chondrilla juncea.
Jasione montana.
Myosotis stricta.

---

(1) et assez souvent sa variété *viscidula* Coss. et Germ.

Myosotis hispida.
Myosotis versicolor.
Veronica præcox.
Veronica triphyllos.
Veronica verna.
Armeria plantaginea.
Rumex Acetosella.
Euphorbia Cyparissias.
Mibora verna.
Phleum Bœhmeri.
Aira canescens.
Aira caryophyllea.
Aira præcox.
Kœleria gracilis.

Dans les vastes espaces épargnés par la culture, les *Aira canescens*, *Artemisia campestris* et *Armeria plantaginea* forment pour ainsi dire le fond de la végétation, tandis que dans les champs, où la charrue a fait disparaître ces espèces vivaces, les plantes annuelles, n'ayant plus à lutter contre ces dernières, sont beaucoup plus abondantes ; lorsqu'une place autrefois cultivée est laissée en jachère, ce sont elles qui pendant longtemps la recouvrent, les espèces vivaces ne parvenant que difficilement à reconquérir un terrain qu'elles ont perdu et qui est envahi par les nouveaux occupants. C'est ainsi que des friches situées non loin de la ferme de Valence sont littéralement couvertes au printemps de *Spergula pentandra* et de quelques autres plantes qui sont beaucoup plus disséminées dans les lieux habités par la végétation vivace.

D'autres espèces sont plus localisées, mais cependant encore assez abondantes par endroits :

Sinapis Cheiranthus.
Teesdalia nudicaulis.
Trifolium striatum.
Corrigiola littoralis.
Scleranthus perennis.
Tillæa muscosa.
Sedum sexangulare.
Ornithogalum umbellatum.
Scilla autumnalis.
Calamagrostis Epigeios, etc.

Le *Sarothamnus scoparius* est fréquent, l'*Ulex europæus* plus rare.

Ce type de végétation ne recouvre pas uniformément tous les points de la zone des alluvions anciennes : en différents endroits ses caractères se modifient, et on voit quelques-unes des espèces les plus abondantes précédemment, comme les *Aira*, le *Rumex Acetosella*, l'*Artemisia campestris*, etc., disparaître pour faire plac à des plantes que nous n'avions pas encore rencontrées :

Nigella arvensis.
Diplotaxis tenuifolia.
Diplotaxis muralis.
Diplotaxis viminea.
Fumaria parviflora.
Althæa hirsuta.
Anthyllis Vulneraria.
Medicago falcata.
Medicago media.
Medicago Gerardi.
Coronilla varia.
Tordylium maximum.

Cornus mas.
Centrophyllum lanatum.
Tragopogon major.
Specularia hybrida.
Veronica Teucrium (var .*angustifolia*).
Phelipæa cœrulea.
Orobanche Galii.
Orobanche Eryngii.
Ajuga Chamæpitys.
Teucrium Botrys.
Teucrium Chamædrys.
Euphorbia Gerardiana.
Euphorbia androsæmifolia, etc.

Ainsi, sans que les qualités physiques du sol se soient modifiées, puisque nous sommes toujours sur un terrain sablonneux formé par la surface du Diluvium, la végétation a subi un changement notable. Or, chaque fois que l'on voit ce changement s'accomplir, on constate que la terre, qui dans les lieux où elle portait le premier type de végétation, ne produisait aucune effervescence avec les acides, s'est assez chargée de calcaire pour devenir effervescente ; l'influence chimique du sol n'est donc pas douteuse ici, et c'est à elle que l'on doit attribuer cette modification de la flore ; les plantes qui ont disparu sont des calcifuges, celles qui ont apparu sont des espèces à tendances calcicoles. Quant à celles qui se rencontrent aussi bien dans le premier cas que dans le second, comme *Dianthus prolifer*, *Silene conica*, *Alsine tenuifolia*, *Trifolium scabrum*, *Medicago minima*, *Chondrilla juncea*, *Phleum Bœhmeri*, ce sont des espèces indifférentes à l'influence chimique, sensibles seulement à l'influence physique du sol, et qui recherchent un terrain sablonneux. *Ononis procurrens*, *Asperula cynanchica*, *Scabiosa Columbaria*, *Stachys recta*, assez fréquents dans cette zone, s'y montrent également indifférents à la présence ou à l'absence de calcaire.

Ces deux facies de végétation paraissent assez souvent se mélanger dans cette plaine, et ce fait, à première vue, semblerait diminuer singulièrement le bien fondé de la distinction : c'est ainsi que l'on peut trouver *Veronica Teucrium* ou *Fumaria parviflora* à côté de *Sarothamnus scoparius*, *Euphorbia Gerardiana* auprès de *Rumex Acetosella*, etc. ; mais ce mélange n'est qu'apparent, car nous avons toujours constaté que de pareils rapprochements étaient dûs à de rapides variations dans la teneur en calcaire du sol, et que toujours la terre faisait effervescence aux points où étaient plongées les racines des premières espèces, alors qu'autour des racines des calcifuges la proportion de calcaire était assez minime pour ne pas être décelée par les acides.

Trois espèces psammophiles d'origine étrangère à notre flore, au moins en ce qui concerne les deux dernières, sont extrêmement répandues dans les sables à proximité de la ligne du chemin de fer, à laquelle elles doivent certainement leur importation, car le nombre d'individus de chacune d'elles décroît très rapidement pour devenir à peu près nul lorsqu'on s'éloigne de la voie ferrée : ce sont d'une part le *Plantago arenaria* qui semble préférer les parties plus siliceuses, et d'autre part *Berteroa incana* et *Œnothera biennis*, plus répandus dans les lieux calcaires.

Gypsophila paniculata, *Eragrostis megastachya* et *E. poæides* sont aussi naturalisés près du chemin de fer, mais d'une façon restreinte.

Quant aux bois qui recouvrent une partie de cette plaine, ils sont composés essentiellement de Chênes et de Bouleaux le plus souvent de petite taille et assez espacés, surtout dans les lieux les plus siliceux, pour ne pas exclure la flore psammophile ; le *Robinia pseudo-acacia* y est fort répandu. Toutefois, dans une partie des bois de la Garenne les arbres sont plus beaux et les essences plus variées : le Charme, le Hêtre, l'Orme y sont assez bien représentés. Le sol est alors moins sableux à la surface, la terre y est d'ailleurs souvent calcarifère et les espèces calcifuges sont reléguées dans les places siliceuses des clairières et des allées où le sable est à nu.

Tels sont, dans cette zone, les caractères généraux de la végétation, franchement psammophile dans son ensemble, et bien souvent calcifuge.

Signalons, pour terminer, l'existence de points marécageux de faible étendue reposant sur les sables d'alluvions à proximité de la Seine, non loin d'Épône, qui, à côté de *Carex* et de diverses hygrophiles banales croissant au milieu de *Populus*, *Salix*, *Alnus*, nous offrent une des espèces les plus rares de la flore parisienne et du bassin de la Seine tout entier, où elle n'était connue jusqu'ici que dans une seule localité (1), l'*Equisetum*

---

(1) Entre St Nom-la-Bretèche et l'Étang-la-Ville, où elle a été découverte il y a une dizaine d'années par M. Jeanpert.

variegatum. Là se rencontre également par places l'*Ophioglossum vulgatum*.

III. **Zone des coteaux calcaires et des terres marneuses.** — La végétation de cette zone subit des variations en rapport avec la constitution du sol : les côtes calcaires présentent des différences avec les plateaux marneux, mais ces différences ne sont pas fondamentales et tous les intermédiaires existent entre ces deux genres de stations : c'est la raison pour laquelle nous n'en avons pas fait deux zones distinctes.

Nous examinerons successivement les différents facies de cette végétation : nous commencerons par celle des coteaux calcaires, qui possède ses caractères les plus typiques dans les bois et les pelouses occupant les pentes rapides et non cultivées, en faisant abstraction des stations humides dues à l'affleurement de l'argile plastique, dont nous étudierons le rôle ultérieurement.

Dans les parties boisées de ces pentes, les arbres (Ormes, Chênes, Charmes, etc.) sont assez disséminés et beaucoup moins nombreux que les arbustes comme *Rhamnus catharticus*, *Acer campestre*, *Prunus spinosa*, *P. Mahaleb*, *P. avium* (qui sur ces côtes est bien plus souvent un petit arbuste qu'un arbre élevé), *Cornus mas*, *Viburnum Lantana*, et surtout *Cytisus Laburnum* qui est très largement naturalisé et forme, souvent presque à lui seul, la plupart de ces bois. Le *Quercus pubescens* est fort répandu, de préférence dans les lieux les plus arides ; il en est de même du *Betula alba* qui s'accommode parfaitement des sols les plus calcaires.

Partout où les arbres et les buissons sont assez clairsemés, et surtout dans les endroits franchement découverts et constituant des sortes de pelouses naturelles, croissent les espèces suivantes dont l'ensemble forme la végétation caractéristique des coteaux calcaires :

Anemone Pulsatilla.
Helleborus fœtidus.
Iberis amara.
Iberis arvatica.
Helianthemum vulgare.
Polygala amarella.
Linum tenuifolium.
Cytisus decumbens.
Genista sagittalis.
Genista tinctoria.
Ononis Columnæ.
Anthyllis Vulneraria.
Coronilla varia.
Coronilla minima.

Hippocrepis comosa.
Seseli montanum.
Seseli Libanotis.
Bupleurum falcatum.
Asperula cynanchica.
Scabiosa Columbaria.
Cirsium acaule.
Centaurea Scabiosa.
Centaurea decipiens.
Campanula glomerata.
Phyteuma orbiculare.
Gentiana germanica.
Euphrasia officinalis.
Veronica Teucrium.
Veronica prostrata.
Melampyrum cristatum.
Orobanche Galii.
Orobanche cruenta.
Orobanche epithymum.
Orobanche Teucrii.
Orobanche amethystea.
Stachys recta.
Brunella grandiflora.
Teucrium Chamædrys.
Teucrium montanum.
Thesium humifusum.
Euphorbia Gerardiana.
Orchis purpurea.
Orchis militaris.
Orchis Simia (1).
Orchis conopsea.
Loroglossum hircinum.
Ophrys muscifera.
Ophrys aranifera.
Ophrys apifera.
Ophrys arachnites.
Epipactis atrorubens.
Cephalanthera grandiflora.
Phalangium ramosum.
Carex præcox.
Sesleria cœrulea.
Avena pratensis
Kœleria cristata.
Festuca glauca.
Brachypodium pinnatum.
Juniperus communis, etc.

Ajoutons à cette liste quelques espèces que nous n'y avons pas fait figurer parce qu'elles sont plus localisées : *Fragaria collina* sur des côtes crayeuses près de Beynes, *Linosyris vulgaris* près de Nézel, *Aceras anthropophora* près d'Aulnay et, dans les bois, surtout du côté d'Épône et d'Aubergenville, *Daphne Laureola* et *Neottia Nidus-avis.*

Telle est la végétation de ces coteaux, nettement calcicole et xérophile dans son ensemble, sur les pentes rapides, où le sol ordinairement très peu profond est formé presque uniquement par les éléments de désagrégation superficielle des bancs calcaires sous-jacents et où s'observent les stations les plus sèches de la zone. Pourvu que ces conditions de station soient réalisées, comme elles le sont aux environs de Beynes sur la craie, près de Montainville sur le calcaire pisolithique, et dans la plupart des cas sur le calcaire grossier, le tapis végétal présente les mêmes caractères sans que la nature plus ou moins rocheuse ou sableuse des assises sous-jacentes exerce une influence appréciable : nous reviendrons plus loin sur ce point.

Lorsque le sol devient plus marneux, et par conséquent plus hygroscopique, plus apte à conserver une certaine fraîcheur, la végétation se modifie et devient moins xérophile ; comme espèces caractéristiques de ces terres calcaires, qui recouvrent la plus grande surface des plateaux moyens, les pentes des coteaux dans les parties peu déclives, et le bord des vallées au pied de ces coteaux, et qui sont d'ailleurs presque entièrement livrées à la culture, surtout à celle des céréales, nous citerons :

---

(1) et les hybrides *O. militaris* + *purpurea*, très fréquent; *O. militaris* + *Simia*, *O. purpurea* + *Simia*, beaucoup plus rares.

Adonis æstivalis.
Nigella arvensis.
Fumaria parviflora.
Fumaria Vaillantii.
Diplotaxis tenuifolia.
Diplotaxis muralis.
Diplotaxis viminea.
Thlaspi arvense.
Thlaspi perfoliatum.
Neslia paniculata.
Reseda lutea.
Silene inflata.
Althæa hirsuta.
Genista tinctoria.
Ononis spinosa.
Ononis procurrens.
Medicago falcata.
Medicago media.
Caucalis daucoides.
Caucalis latifolia.
Pastinaca silvestris.
Seseli montanum.
Bupleurum falcatum.
Eryngium campestre.
Galium tricorne.
Knautia arvensis.
Chrysanthemum segetum.
Inula Conyza.
Filago spathulata.
Calendula arvensis.
Cirsium acaule.
Centaurea Scabiosa.
Centaurea Calcitrapa.
Centrophyllum lanatum.
Tragopogon major
Lactuca perennis.
Specularia hybrida.
Specularia speculum.
Echium Wierzbickii.
Physalis Alkekengi.
Linaria supina.
Melampyrum arvense.
Origanum vulgare.
Stachys annua.
Stachys recta.
Stachys germanica.
Galeopsis Ladanum.
Ajuga Chamæpitys
Teucrium Botrys.
Plantago media.
Avena fatua, etc.

Dans les haies abondent *Clematis Vitalba*, *Berberis vulgaris*, *Prunus Mahaleb*, etc.

A cette portion de la zone appartiennent encore *Lathyrus tuberosus*, *Falcaria Rivini*, *Valerianella eriocarpa*, *Odontites Jaubertiana*, *Sison Amomum*, *Passerina annua*, et plusieurs autres espèces beaucoup moins répandues que les précédentes.

Un autre genre de station nous est offert par les fonds des vallons du bois de Beynes ; par suite de leur situation topographique, par suite aussi de la présence dans le sol d'éléments argileux soustraits par les eaux de pluie à l'argile à silex du plateau et mélangés aux éléments calcaires provenant de la désagrégation des bancs crayeux sous-jacents, ces fonds possèdent une humidité suffisante pour permettre l'installation d'espèces à tendances hygrophiles :

Anemone nemorosa.
Ranunculus auricomus.
Hypericum hirsutum.
Sanicula europæa.
Adoxa Moschatellina.
Valeriana officinalis.
Primula elatior.
Centunculus minimus.
Lamium Galeobdolon.
Mercurialis perennis.
Endymion nutans.
Polygonatum vulgare.
Polygonatum multiflorum.
Convallaria maialis.
Paris quadrifolia.

accompagnées de Saules et de Peupliers mêlés aux autres arbres de la forêt.

Mais c'est là un facies purement local, et dès que l'on remonte les flancs boisés de ces vallons, ces plantes disparaissent et sont remplacées par les espèces xérophiles des bois calcaires comme *Rhamnus catharticus*, *Cytisus Laburnum*, *Cornus mas*, *Quercus pubescens*, *Helleborus fœtidus*, *Fragaria collina*, *Gentiana cruciata*, *Iris fœtidissima*, et rarement *Digitalis lutea*.

Lorsqu'on arrive sur le bord du plateau, et souvent sur les pentes mêmes de ces côtes du bois de Beynes, on voit les espèces calcicoles cesser brusquement de se montrer, pour faire place à *Sarothamnus scoparius*, *Calluna vulgaris*, *Erica cinerea*, *Pteris aquilina*, *Castanea vulgaris*, etc. ; le sol est alors argileux et non effervescent : on a quitté la zone que nous étudions actuellement pour pénétrer sur celle de l'argile à silex. La présence de ces espèces calcifuges à proximité des calcicoles sur des côtes dont le sous-sol est toujours constitué par la craie pourrait surprendre au premier abord, mais un examen un peu attentif montre qu'elle est corrélative du changement de sol et que les points où les espèces calcicoles sont remplacées par les calcifuges dessinent exactement la limite du sol calcaire.

Remarquons que c'est avec la disparition de l'élément calcaire beaucoup plus qu'avec le changement des propriétés physiques du sol que coïncide le changement de végétation. Si on considère deux points assez proches de la limite des deux végétations, le sol est aussi argileux en deçà qu'au delà, car les eaux de pluie entraînent les éléments argileux sur la pente et les mélangent insensiblement aux éléments calcaires provenant de l'affleurement de la craie ; or, le changement de végétation s'opère non pas dès que le sol devient argileux, mais dès que la proportion de calcaire devient assez faible pour ne plus être décelée par les acides, la végétation de la zone calcaire se montrant encore sur un sol argileux mais calcarifère, celle de la zone de l'argile à silex disparaissant dès que le sol devient effervescent, sans que ses qualités physiques se soient modifiées de façon appréciable.

En d'autres termes, la présence du calcaire dans la zone considérée repousse d'abord toutes les calcifuges, quelque variées que soient les conditions physiques du sol dans cette zone ; seules peuvent y prospérer les calcicoles ou les indifférentes : c'est donc l'influence chimique du sol qui détermine la composition de l'ensemble de la végétation ; puis, étant seules admises dans la zone les espèces que ne repousse pas le calcaire, celles-ci se répartissent alors suivant leurs affinités particulières dans les différentes stations, les points plus secs étant habités par les xérophiles, les points plus humides par les hygrophiles : l'influence physique du sol joue un rôle indéniable, mais subordonné à celui de l'influence chimique puisque dans une station donnée, les espèces auxquelles conviendraient les qualités physiques du sol ne peuvent s'y installer que si la composition chimique le leur permet.

Comme nous l'avons indiqué plus haut, la végétation du sol produit par l'affleurement des sables coquilliers,par exemple près du moulin de la Chapelle,à flanc de coteau, ne diffère pas de celle qui couvre le sol surmontant les bancs calcaires les plus rocheux. Cette observation est en désaccord complet avec la théorie de Thurmann, d'après laquelle ces sables constituant un terrain « eugéogène » devraient porter une végétation très différente de celle des calcaires rocheux « dysgéogènes ». En réalité, les bancs les plus rocheux se désagrègent à la surface en particules de plus en plus ténues qui produisent une terre ne se distinguant guère de la première que par la présence d'éléments plus grossiers, non encore finement divisés ; ceux-ci tendant, ainsi que l'a montré Vallot, à augmenter l'hygroscopicité du sol, les sables coquilliers qui en sont dépourvus produisent donc un sol plus sec encore que celui qui surmonte les bancs rocheux : aussi n'est-il pas surprenant d'y trouver une végétation toute xérophile.

La différence d'exposition des coteaux qui forment les deux versants de la vallée de la Maudre n'exerce pas d'influence appréciable sur la distribution des végétaux.

IV. **Zone de l'argile plastique.** — Le sol argileux humide dû à la présence de l'argile plastique et de la nappe d'eau qu'elle supporte est l'habitat d'espèces hygrophiles contrastant avec la végétation xérophile qui recouvre les pentes des coteaux calcaires au-dessus et au-dessous de l'affleurement de cette assise, que décèlent de loin des Peupliers et des Saules. Les points les plus humides, les alentours des sources, donnent asile à des Carex, Joncs, Epilobes, Menthes, *Lychnis Flos-Cuculi*, *Lotus uliginosus*, *Lythrum Salicaria*, *Viburnum Opulus*, *Valeriana dioica*, *Eupatorium Cannabinum*, *Scrofularia aquatica*, etc.; le *Scolopendrium officinale* s'y montre quelquefois, dans les lieux ombragés. Dans les bois, *Anemone nemorosa*, *Arenaria trinervia*, *Fragaria elatior*, *Sanicula europæa*, *Orchis latifolia*, *O. bifolia*, *Listera ovata*, parfois *Paris quadrifolia*, *Milium effusum*, etc., remplacent ici les xérophiles répandues dans les parties situées en dehors de cette zone. Le *Chlora perfoliata*, le *Tetragonolobus siliquosus*, se rencontrent assez souvent à ce niveau (1).

La présence de l'élément calcaire dans le sol de cette zone en exclut les espèces calcifuges. D'autre part, si sa végétation diffère beaucoup de celle de l'ensemble de la zone précédente, elle est analogue à celle des fonds humides du bois de Beynes qui doivent à la présence d'une assez forte proportion d'argile une fraîcheur favorable à l'installation des hygrophiles : il y a donc des traits communs entre cette zone et une partie, très restreinte d'ailleurs, de la précédente.

V. **Zone des îlots siliceux.** — Nous avons montré précédemment le rapide changement de végétation qui se produit lorsque, en remontant les côtes du bois de Beynes, on passe de la zone calcaire à celle de l'argile à silex : toutes les plantes calcicoles disparaissent et une série d'espèces n'existant pas dans la première zone se montrent brusquement et en abondance : Châtaignier, Genêt, *Erica cinerea*, *Calluna vulgaris*, *Pteris aquilina*, etc.

Ce contraste frappant, que la présence d'espèces indifférentes et communes aux deux zones ne peut atténuer, s'observe chaque fois que l'on pénètre dans l'un des ilôts siliceux enclavés dans la zone calcaire : dans le cas précédent nous l'avons vu dépendre de la disparition de l'élément calcaire dans un sol présentant les mêmes qualités physiques de part et d'autre de la limite des deux végétations. Il en est à peu près de même lorsqu'on arrive sur la terre argileuse qui surmonte les assises silicifiées du Lutétien supérieur sur le bord des plateaux moyens, par exemple entre Montgardé et Aubergenville, au dessus des Fondis près Mézières, et en divers autres points (1) ; dès que le sol cesse d'être effervescent, il se couvre de Genêts, de Bruyères, de Châtaigniers qui manquent lorsque la terre est encore légèrement calcaire. Citons encore, parmi les espèces fréquentes dans cette zone : *Hypericum montanum*, *H. pulchrum*, *Stachys Betonica*, *Serratula tinctoria*, *Hieracium silvaticum*, *H. umbellatum*, *Teucrium Scorodonia*, etc.

---

(1) Cette zone, ainsi que nous l'avons indiqué au sujet de la nature du sol, n'est développée que dans la portion inférieure de la vallée de la Maudre et elle est souvent interrompue

Parfois sur cette argile reposent des mares bordées de Peupliers, de Saules et de diverses hygrophiles.

Le sol sablonneux-siliceux dû à l'affleurement des sables de Beauchamp peut s'observer en particulier dans le haut du parc d'Aubergenville ; bien différent du sol argileux des ilots précédents, avec lequel il ne possède d'autre caractère en commun que l'absence de calcaire, il offre une végétation analogue caractérisée par l'absence des calcicoles et par la présence de calcifuges comme le *Sarothamnus*, auxquelles s'ajoutent ici des plantes à peu près indifférentes à l'influence chimique, mais à tendances psammophiles, comme le *Dianthus prolifer*, auquel un sol trop compact ne convient pas.

De même enfin, les sables de la Sologne sont dépourvus de plantes calcicoles, lorsqu'ils ne sont pas mélangés superficiellement d'éléments calcaires entrainés par les eaux de pluie ; mais leur surface est si restreinte que leur rôle est fort effacé (2).

---

(1) Sur la carte, nous n'avons figuré les ilôts siliceux dus au Lutétien supérieur et aux Sables de Beauchamp qu'aux points où la culture ne masque pas leur influence sur la végétation spontanée.

(2) Exceptionnellement des plantes calcifuges (Genêts, Châtaigniers, etc.) se rencontrent sur les plateaux moyens en dehors des ilots précédemment étudiés. Le sol de ces plateaux est, en effet, parfois décalcifié soit à la surface des limons quaternaires, soit, mais plus rarement, au-dessus des calcaires du Bartonien ou du Tongrien, mais presque partout où le fait se produit dans notre territoire s'étendent des champs cultivés et pour cette raison le rôle de ces places siliceuses est négligeable. Aussi ne les avons-nous pas fait figurer sur la carte

VI. **Zone de l'argile verte.** — Cette étroite zone de terres argileuses ordinairement peu calcaires, parfois même nullement effervescentes, s'étendant à la base des pentes superposées aux plateaux moyens, doit à la nappe d'eau signalée précédemment la présence d'une série de stations humides habitées par une végétation hygrophile ; celle-ci est bien développée, sur notre territoire, dans le fond des vallons qui échancrent ces pentes sur tout le pourtour du plateau des Alluets. Dans ces fonds humides, presque toujours boisés, situés sur les bords de la forêt des Alluets ou de ses dépendances, on peut citer :

Lychnis Flos-Cuculi.
Hypericum hirsutum.
Hypericum quadrangulum.
Hypericum tetrapterum.
Oxalis Acetosella.
Epilobium roseum.
Epilobium montanum.
Epilobium adnatum.
Epilobium obscurum.
Circæa lutetiana.
Ribes rubrum.
Sanicula europæa.
Adoxa Moschatellina.
Viburnum Opulus.
Valeriana officinalis.
Primula elatior.
Lobelia urens
Veronica montana.
Lamium Galeobdolon.
Scutellaria minor.
Paris quadrifolia
Allium ursinum.
Carex maxima.
Bromus giganteus.
Blechnum Spicant.
Aspidium lobatum.
Aspidium angulare.
Polystichum spinulosum.
Asplenium Adianthum-nigrum.
Athyrium Filix-fœmina, etc.

et, dans les lieux franchement marécageux :

Valeriana dioica.
Samolus Valerandi.
Pedicularis silvatica.
Epipactis palustris.
Eriophorum latifolium.
Schœnus nigricans.
Cyperus fuscus.
Carex pulicaris.
Carex Œderi, etc.

Hors des bois, les marais dus à l'affleurement de la nappe aquifère, d'ailleurs peu nombreux et d'étendue restreinte, présentent une végétation plus banale :

Trifolium patens.
Lotus uliginosus.
Spiræa Ulmaria.
Lythrum Salicaria.
Epilobium hirsutum.
Epilobium parviflorum.
Œnanthe peucedanifolia.
Galium palustre.
Galium uliginosum.
Cirsium oleraceum.
Cirsium palustre (1).
Lysimachia vulgaris.
Juncus variés.
Carex, etc.

---

(1) et parfois l'hybride de ces deux espèces.

En dehors de ces stations les plus humides, le reste de la zone offre toujours une certaine fraîcheur ; dans les lieux boisés on peut citer parmi les espèces les plus répandues :

Anemone nemorosa.
Ranunculus auricomus.
Melilotus altissima.
Lathyrus macrorhizus.
Sedum Cepæa.
Scabiosa Succisa.
Serratula tinctoria.
Centaurea nemoralis.
Phenopus muralis.
Hieracium murorum.
Hieracium silvaticum.
Hieracium umbellatum.
Hieracium boreale.
Lysimachia nummularia.
Melampyrum pratense.
Stachys Betonica.
Melittis Melissophyllum.
Teucrium Scorodonia.
Euphorbia silvatica.
Orchis latifolia.
Orchis mascula.
Orchis bifolia.
Orchis montana.
Orchis maculata.
Listera ovata.
Epipactis latifolia.
Scirpus setaceus.
Carex muricata.
Carex divulsa.
Carex stellulata.
Carex remota.
Carex silvatica.
Milium effusum.

et bien d'autres espèces que nous passons sous silence pour ne ne pas trop allonger ces listes qui suffisent à caractériser la végétation de ces diverses stations.

Fraxinus excelsior, Salix alba, Populus alba et *P. nigra* abondent à ce niveau.

L'*Orchis purpurea*, rare dans cette zone, se trouve près d'Herbeville dans un endroit où le sol est d'ailleurs chargé de calcaire.

Les lieux découverts sont presque toujours cultivés. Ils ne présentent guère que des plantes sans intérêt ; notons seulement *Tetragonolobus siliquosus*, *Silaus pratensis*, *Chlora perfoliata* comme assez caractéristiques des parties herbeuses du sol argileux de cette zone ; on peut encore mentionner *Lythrum hyssopifolium* dans les champs ou les friches légèrement humides.

Cette zone renferme peu d'espèces vraiment calcifuges ; si l'on en rencontre quelques-unes, c'est aux points où le sol ne produit aucune effervescence avec les acides ; mais en somme, la plupart des espèces sont indifférentes au point de vue de l'influence chimique, et le caractère le plus saillant de cette végétation est sa nature hygrophile.

VII. **Zone des sables de Fontainebleau.** — Les pentes des collines constituées par l'affleurement de ces sables siliceux sont presque toujours boisées : l'arbre le plus répandu et le plus caractéristique est le Châtaignier; le Chêne et le Bouleau y sont assez abondants, les autres essences plus disséminées. Dans ces bois très secs croissent quelques espèces déjà mentionnées dans la zone précédente où elles ne se trouvaient que dans les parties peu ou point calcaires des lieux les moins humides, comme *Scabiosa Succisa*, *Serratula tinctoria*, *Gamochæta silvatica*, les *Hieracium*, *Stachys Betonica*, *Teucrium Scorodonia*, *Orchis maculata*, auxquelles s'ajoutent *Silene nutans*, *Digitalis purpurea*, *Hypericum pulchrum*, *Triodia decumbens*, *Deschampsia flexuosa*, plantes plus exclusivement calcifuges. Les *Sarothamnus scoparius*, *Calluna vulgaris* et *Erica cinerea* sont très répandus ici et couvrent souvent de larges surfaces ; il en est de même de *Pteris aquilina*. L'*Ulex europæus* est assez fréquent, surtout à la lisière des bois.

Les lieux non couverts de bois ou de bruyères sont occupés par des champs ou des friches sablonneuses dans lesquelles végètent de nombreuses espèces psammophiles :

Silene nutans.
Silene gallica.
Spergula arvensis.
Helianthemum vulgare.
Herniaria hirsuta.
Scleranthus annuus.
Tillæa muscosa.
Sedum rubens.
Hypericum humifusum.
Hypericum perforatum.
Geranium pusillum.
Trifolium arvense.
Trifolium striatum.
Astragalus glycyphyllos.
Vicia lathyroides.
Ornithopus perpusillus.
Potentilla argentea.
Galium anglicum.
Valerianella auricula.
Valerianella Morisonii.
Gnaphalium uliginosum.
Filago germanica.
Filago apiculata.
Filago minima.
Filago gallica.
Arnoseris minima.
Hypochæris glabra (1).
Chondrilla juncea.
Jasione montana.
Myosotis stricta.
Myosotis hispida.
Myosotis versicolor.
Veronica officinalis.
Rumex Acetosella.
Euphorbia Cyparissias.
Juncus capitatus.
Mibora verna.
Setaria glauca.
Calamagrostis Epigeios.
Aira præcox.
Aira caryophyllea.
Kœleria gracilis, etc.

Le *Myosurus minimus* et le *Gnaphalium luteo-album* se trouvent dans des endroits où le sable est mélangé d'éléments argileux.

---

(1) et sa var. *Balbisii.*

Toutes ces plantes sont des calcifuges ou des indifférentes : aucune calcicole n'existe dans cette zone essentiellement siliceuse. Il est à remarquer que si celle-ci possède beaucoup d'espèces existant aussi dans les sables d'alluvions anciennes, qui constituent, partout où ils sont siliceux, un sol de même nature que les sables de Fontainebleau, c'est surtout en ce qui concerne les plantes annuelles qu'a lieu la ressemblance, car sa végétation vivace diffère de celle de ces sables d'alluvions par l'abondance des *Erica cinerea* et *Calluna vulgaris* et par l'absence des *Artemisia campestris*, *Armeria plantaginea*, *Aira canescens*, qui jouent un rôle si important dans la flore de cette zone.

VIII. **Zone des plateaux meuliers.** — Le plateau des Alluets représente seul cette zone sur notre territoire. Une partie de sa surface, recouverte de limons quaternaires, est livrée à la culture, principalement à celle des céréales, et n'offre pour nous aucun intérêt, si ce n'est la présence de quelques espèces à tendances calcicoles dans les champs cultivés où le limon est légèrement effervescent.

Partout ailleurs sur le sol siliceux et argileux s'étendent des bois et des landes appartenant à la forêt des Alluets, à laquelle se rattachent également les bois des deux zones précédentes, et où dominent *Castanea vulgaris*, *Betula alba*, *Quercus pedunculata Q. sessiliflora*, *Erica cinerea*, *Calluna vulgaris*, *Sarothamnus scoparius*, *Pteris aquilina*.

Dans les stations les plus sèches, situées à l'affleurement de la meulière, sur le bord du plateau et à la partie supérieure des pentes qui le circonscrivent, croissent *Helianthemum vulgare*, *Silene nutans*, *Tillæa muscosa*, *Hypericum montanum*, *H. pulchrum*, *Peucedanum parisiense*, *Brunella alba*, *Brachypodium pinnatum*, etc. Sur la surface même du plateau, les bois sont fréquemment assez secs et ne présentent alors que peu d'espèces en dehors de celles citées plus haut comme formant le fond de la végétation : notons seulement *Polygala depressa*, des *Luzula*, *Aira flexuosa*, *Molinia cærulea*, *Polystichum spinulosum*, *P. Filix-mas*, *Juniperus communis*, et dans les endroits un peu plus frais, *Centunculus minimus*, *Circæa lutetiana*, *Radiola linoides*, etc.

Mais souvent le sol, par suite de l'imperméabilité de l'argile à meulières, devient plus marécageux : il est alors recouvert de bruyères où dominent *Erica tetralix* et *Calluna vulgaris* accompagnées de *Genista anglica*, *Scorzonera humilis*, *Scutellaria minor*, *Salix aurita* et *cinerea*, *Betula pubescens* ; l'*Erica cinerea*, espèce des lieux plus secs, devient peu abondante.

De nombreuses mares formant de petites cuvettes dans le sol argileux sont disséminées dans la forêt ; elles sont entourées d'une ceinture de *Ranunculus Flammula*, *Hydrocotyle vulgaris*, *Galium palustre*, *G. uliginosum*, *Lysimachia vulgaris*, *Veronica scutellata*, *V. parmularia*, *Juncus supinus*, *Scirpus multicaulis*, *Equisetum limosum*, *Carex vesicaria* et autres, parfois *Pilularia globulifera* ; dans leur eau même on trouve *Utricularia vulgaris*, *Polygonum amphibium*, *Potamogeton natans*, *P. polygonifolius* et *Scirpus fluitans*.

Ainsi, en résumé, à chacune des zones déterminées au point de vue de la nature du sol par des différences dans la constitution des formations géologiques sous-jacentes, nous voyons correspondre une zone de végétation caractérisée par une série d'espèces qui trouvent dans la zone de terrains considérée les conditions les plus favorables à leur développement. Ce sont,les unes,des espèces indifférentes à l'action du calcaire : leur distribution est soumise seulement à l'influence des facteurs physiques ; les autres, des espèces calcicoles ou calcifuges dont la répartition est subordonnée avant tout à la présence ou à l'absence de l'élément calcaire dans le sol, pour lesquelles par conséquent le rôle de l'influence physique, quoique non moins important qu'en ce qui concerne les plantes chimiquement indifférentes, passe après celui de l'influence chimique du sol. C'est donc à la fois à la nature chimique et aux propriétés physiques du sol dans chaque zone de terrains qu'est due la composition de la végétation de cette zone.

(*A suivre*).

TERMITES CHAMPIGNONNISTES ET CHAMPIGNONS DES TERMITIÈRES

A MADAGASCAR

par MM. Henri JUMELLE et H. PERRIER DE LA BÂTHIE

Les observations de Thomas Belt au Nicaragua, en 1874, et surtout, depuis lors, les recherches plus précises de M. Alfred Möller (1), au Brésil, nous ont révélé que diverses fourmis peuvent être d'habiles champignonnistes.

Les feuilles que les *Atta* de l'Amérique tropicale, par exemple, emportent dans leurs nids après avoir trop souvent dévasté les plantations, cacaoyères et autres, ne seraient pas destinées, comme on l'a cru longtemps, à servir d'aliment à l'insecte ; elles seraient seulement triturées pour constituer des sortes de meules sur lesquelles se développe le mycélium d'une Agaricinée, le *Rozites gongylophora* Möll., qui est la véritable nourriture des larves.

En Europe, d'après M. de Lagerheim (2), une fourmi noire qui est commune en Allemagne, le *Lasius uliginosus* Latr., cultiverait de même un champignon qui, sous sa forme imparfaite, serait le *Cladotrichum myrmecophilum*, Hyphomycète-Dématiacée-Didymosporée.

En 1899, M. Holtermann (3), à Java, remarquait, pour la première fois, le même trait de mœurs chez les termites. Dans l'île malaise, ces termites cultiveraient une Agaricinée, le *Pluteus Rajap*.

Enfin, plus récemment, en novembre 1906, M. T. Petch (4) a publié une monographie très détaillée des champignons observés dans les nids de deux espèces de termites de Ceylan, le *Termes Redemanni* Wasm. et le *Termes obscuriceps* Wasm. Deux champignons surtout seraient constants dans ces nids: l'un est une Agaricinée, le *Volvaria eurhiza* B. et Br. ; l'autre est un Pyrénomycète, du genre *Xylaria*. Mais M. Petch pense que le *Xylaria* est une espèce adventice, que les termites, malgré tous leurs efforts, ne parviennent pas à extirper de leurs « jardins » ; et le vrai champignon consommé serait le *Volvaria*, c'est-à-dire encore une Agaricinée.

---

(1) A. Möller : *Die Pilzgärten einiger sudamerikanischen Ameisen* (Bot. Mittheilungen aus den Tropen ; 1893).

(2) De Lagerheim : *Ueber Lasius uliginosus und seine Pilzzucht* (Entomologisk Tidskrift ; 1900).

(3) Holtermann : *Pilzbauende Termite* (Fetschrift fur Schwendener ; 1899.

(4) E. Petch : *The fungi of certains termite nests* (Annals of the Royal Botanic Gardens ; Peradeniya. Ceylon, nov. 1906).

Nous ignorions le travail de M. Petch lorsque, en juin 1907 (1), nous publiions deux premières notes sur les termites champignonnistes de Madagascar ; aujourd'hui encore, d'ailleurs, nous n'en connaissons que le résumé qui en a été donné par M. J. Desneux dans les *Annales de la Société entomologique de Belgique* de 1907. Mais il importe assez peu ; les mœurs des termites de Madagascar ne sont pas nécessairement les mêmes que celles des termites de Ceylan, et le seraient-elles qu'il y aurait sujet encore de s'en assurer. Les recherches de M. Petch ne limitent pas plus les nôtres que celles-ci ne doivent, dans l'avenir, dispenser d'observations analogues, qu'il y aurait au contraire grand intérêt à faire, sur les termites du continent africain et d'ailleurs.

C'est en réunissant ensuite tous les faits qui seront ainsi relevés à propos de chaque espèce de termite, dans les diverses contrées, qu'on pourra établir une histoire générale de cette curieuse particularité des mœurs de ces insectes, particularité dont l'étude n'est encore qu'ébauchée.

Les termites du Boina et quelques-unes de leurs mœurs

Dans le Boina — la seule région de Madagascar dont nous nous occupons ici — il est plusieurs espèces de termites, bien différentes à divers égards.

L'une construit toujours ses nids dans les endroits découverts, sur les collines ; elle est *collicole*.

Une seconde, qui est le *Termes Perrieri* Desn., habite, au contraire, les bois ou leur lisière ; elle est *sylvicole*.

Plusieurs autres s'établissent généralement sur les troncs d'arbres ou parmi les branches ; elle sont *arboricoles*.

---

(1) H. Jumelle et H. Perrier de la Bathie : *Les termites champignonnistes à Madagascar* (Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, 24 juin 1907. — *Les champignons des termitières à Madagascar* (Id., 22 juillet 1907).

Les nids coniques des deux premières espèces, qui reposent sur le sol, sont en terre battue; les nids arrondis des arboricoles sont faits d'une matière brunâtre et dure, qui a l'aspect du carton et est constituée par du bois trituré et battu.

Tous ces nids n'ont pas toujours, au reste, pour seuls habitants les termites; ils servent souvent aussi d'abri à d'autres animaux, commensaux ou parasites.

Dans les galeries des termitières des arboricoles vit, par exemple, un petit staphylin d'un genre nouveau, le *Termitobia Perrieri* Fairm. Dans les termitières des deux espèces collicole et sylvicole sont des staphylins d'autres genres, qui s'installent surtout dans les galeries abandonnées.

Avec ces staphylins, les seuls insectes réellement commensaux des termites semblent être des *Lepisma*, qui cohabitent avec toutes les espèces.

Les autres hôtes des termitières sont des parasites, qui, en s'offrant le nid comme gîte, trouvent aussi le couvert, car ils se nourrissent des termites. Ils sont particulièrement en grand nombre dans les hautes termitières du *Termes Perrieri*, dans l'une desquelles l'un de nous a trouvé une fois :

1° un tanrec, ou *tandreka* (*Centetes ecaudatus Wag.*), en station d'hivernage ;

2° un serpent *alapaty*, également endormi ;

3° toute une petite fourmilière de fourmis rouges ;

4° une grosse fourmilière d'une autre espèce ;

5° une dizaine de gros Carabides du genre *Brachinus*.

Pendant la saison des pluies, lorsqu'ils sont éveillés, le hérisson tanrec et le serpent *alapaty* mangent les termites et leurs larves. Les petites fourmis rouges se repaissent des larves, qu'elles réussissent à dérober grâce à leur petite taille. Les soldats, à tête énorme, de la grosse fourmilière s'attaquent aux termites-soldats qui gardent les entrées des galeries, les repoussent peu à peu et parviennent ainsi à s'emparer de quelques chambres; elles se jettent alors sur les neutres qui s'égarent de leur côté. Les *Brachinus* vivent de même aux dépens de ceux dont ils ont envahi le domicile.

On trouve aussi dans les termitières le serpent *bodifotsy*.

En dehors des nids, les termites mâles, pendant la saison des pluies, deviennent souvent la proie d'insectes divers. On voit, en effet, à un moment donné, et à la suite, semble t-il, de l'accouplement, tous ces mâles se jeter, le soir, sur les taches lumineuses qu'ils aperçoivent au voisinage de leur demeure; dès qu'ils sont arrivés sous la lumière, ils sont secoués de mouvements convulsifs et ils perdent spontanément et instantanément leurs ailes. Ils sont maintenant sans défense; aucun ne rentre au logis.

Pour chacune des trois espèces de termites, il y a, dans les nids, en plus de ces mâles qui n'apparaissent qu'en saison pluvieuse, des larves et des œufs à tous les états de développement, des ouvriers qui sont neutres, des soldats également neutres, et une ou deux reines très grosses.

Les soldats, chargés de la défense de la collectivité, s'efforcent de s'acquitter consciencieusement de leur mission. Ouvre-t-on un nid, ce sont eux qui viennent se poster aux entrées des galeries, en agitant leurs mandibules.

Les plus braves et les plus offensifs sont ceux de l'espèce collicole. Lorsque les ouvriers de cette espèce partent « en corvée d'herbes », ils marchent en colonne serrée, entre une double haie de soldats. Dès qu'un ennemi quelconque surgit, ces soldats, grimpant sur toutes les éminences d'alentour, prennent une attitude aggressive, puis se précipitent en masse vers le point menacé.

Ce spectacle n'est jamais offert par les soldats de *Termes Perrieri*, que leur abdomen sans défense empêche de combattre efficacement s'ils n'ont pas leur arrière-train à l'abri d'une galerie. Lorsqu'on ouvre une termitière de cette espèce sylvicole, les ouvriers et les larves mis à découvert sont abandonnés, et les soldats s'enfuient jusqu'aux orifices de la partie restée intacte; ce n'est que là qu'ils font volte-face, en bouchant complètement les entrées avec leurs longues mandibules. Derrière eux, sans perdre une seconde, les ouvriers commencent à construire un nouveau mur.

Un dernier trait, et qui démontre que ce n'est pas seulement dans notre société humaine que les plus faibles sont bien souvent les plus cruels, et que la pitié est fréquemment, au contraire, une des qualités des forts ! Un ouvrier privé d'antennes, et avec une patte cassée, fut rejeté un jour par l'un de nous dans la galerie d'une termitière habitée; il en fut trois fois inexorablement chassé par les autres ouvriers, alors que les soldats le laissaient tranquille. Deux soldats également blessés subirent le même sort; mais toujours ce furent les ouvriers seuls qui rejetèrent ainsi hors du nid ceux qu'ils considéraient sans doute comme un encombrement inutile dans la colonie.

Les meules à champignons

Des diverses espèces précédentes de termites, une seule va désormais nous intéresser : le *Termes Perrieri*, c'est-à-dire l'espèce sylvicole.

Nous devons, en effet, modifier au sujet de l'espèce collicole ce que nous disions dans une note précédente, où nous nous exprimions ainsi : « L'espèce des terrains découverts, tout comme l'espèce sylvicole, cultive le champignon. Cependant, alors que, pendant toute l'année, on trouve des meules à mycélium dans les termitières des forêts, il n'y en aurait pas, à certaines époques, dans les termitières des collines dénudées. En tout cas, en janvier et février derniers (1907), l'un de nous a ouvert dix de ces termitières des collines et n'y a vu que des fragments de Graminées ; au contraire, dans cinq termitières de l'espèce sylvestre qui ont été examinées au même moment, les grandes chambres médianes étaient occupées par les meules. Il en faudrait donc conclure que, tandis que l'espèce des forêts, en raison de son habitat, s'approvisionne pendant toute l'année, les termites des endroits non boisés ne s'approvisionnent qu'en saison des pluies, préparant avant la saison sèche les cultures qui leur serviront de réserves pendant cette période ».

Cette conclusion était la seule qui nous semblait possible, car l'un de nous croyait bien avoir remarqué jadis, dans l'Ambongo — à une époque où son attention n'était pas encore tournée vers les termites champignonnistes — des meules à mycélium dans les termitières des collines. Mais il nous faut bien penser aujourd'hui qu'il y avait eu confusion dans ces souvenirs d'observations anciennes, et qui, à cette époque, étaient tout a fait accidentelles, car, depuis que nos recherches ont été entreprises méthodiquement, jamais les meules n'ont pu être retrouvées, en aucune saison ni sur aucun terrain du Boina, dans les termitières de l'espèce des endroits découverts. Et pourtant de nombreux nids ont été visités, en saison sèche et en saison pluvieuse, aussi bien dans le Bas-Boina que dans le Haut-Bemarivo, sur la latérite ainsi que dans les terrains sablonneux ou crétacés de la côte ! Toujours l'intérieur de ces termitières était un labyrinthe de petites chambres plus larges que hautes, à parois minces (1 ou 2 centimètres), entremêlées de couloirs étroits ; à toutes les époques ces chambres étaient remplies de petits fragments de Graminées, mais il n'y avait ni meule ni mycelium. Il n'y avait même pas de fragments de bois, quoique cette espèce, comme toutes les autres, ronge les bois morts; les Graminées seraient ses seules provisions.

D'autre part, dans les nids des espèces arboricoles, de nombreuses petites chambres vides et des couloirs irréguliers entourent une vaste chambre centrale, et cette chambre est remplie complètement par un énorme gâteau en bois triture, un peu plus clair que les parois et rendu lamelleux par les galeries qui le sillonnent en tous sens ; mais jamais nous n'avons pu voir de mycélium à la surface de ces lamelles. Il est vrai que sur ces espèces, qui sont assez rares et n'habitent ordinairement que les forêts sombres et de quelque étendue, nos observations sont peu nombreuses.

Sans donc nous prononcer catégoriquement pour ces espèces arboricoles, et après les précédentes explications au sujet de l'espèce collicole, occupons-nous exclusivement de l'espèce sylvicole, le *Termes Perrieri*.

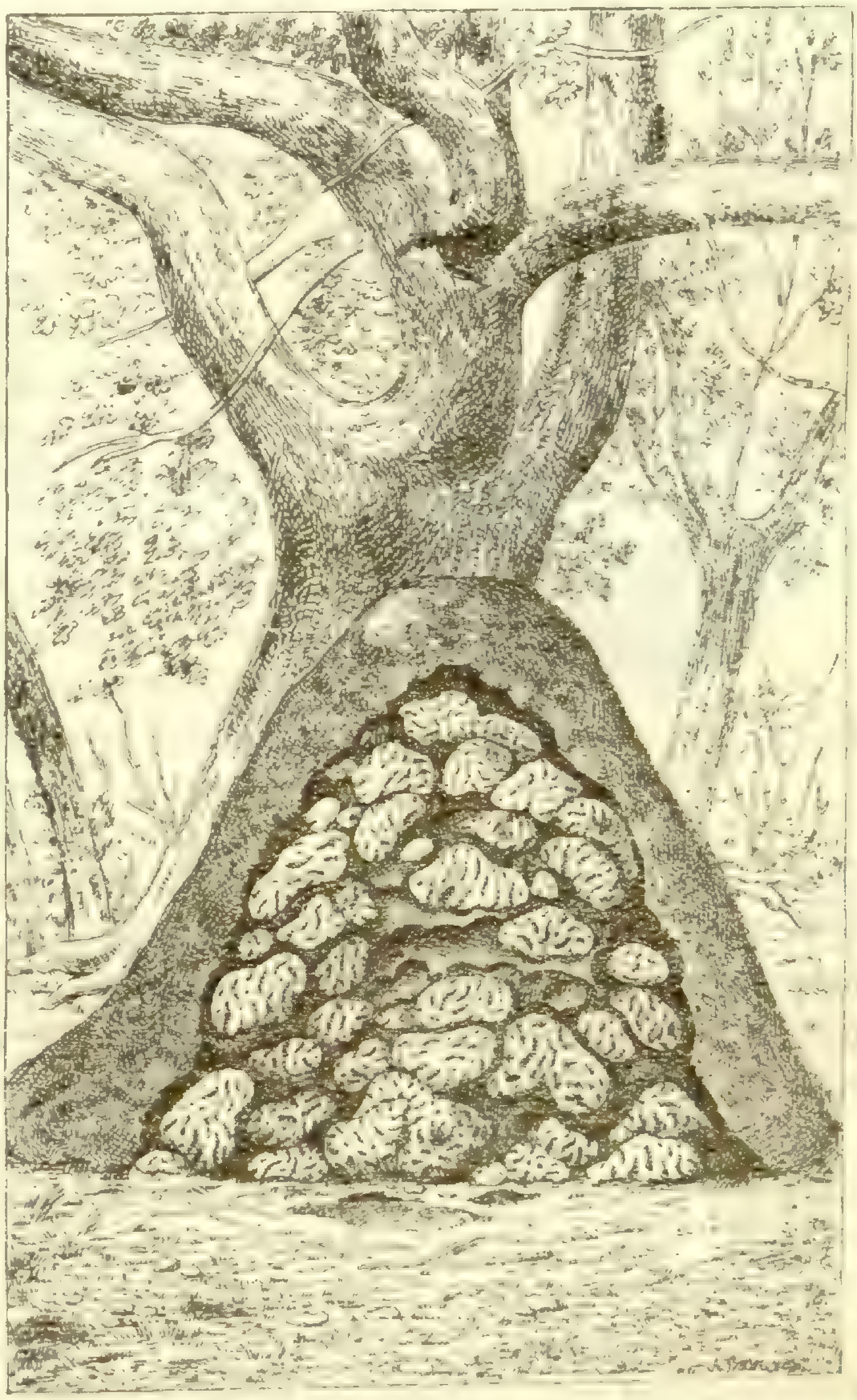


Fig. 1 — Nid de *Termes Perrieri*, qui a été ouvert latéralement et à l'intérieur duquel on voit ainsi les chambres, avec les meules qui les remplissent.

Les termitières coniques (fig. 1), de 1 mètre à 1 m 20 de hauteur — alors que celles de l'espèce collicole ne dépassent pas 60 centimètres — sont presque toujours construites à la lisière des bois, au pied d'arbres isolés. Elles ne sont jamais au soleil, qui amène invariablement leur disparition si, par suite d'une circonstance quelconque, l'ombrage est supprimé.

Elles sont faites avec de la terre de forêt. Sous une épaisse couche de cette terre battue sont 15 à 20 chambres assez irrégulières, mais cependant plus ou moins ovales, assez grandes, de 8 à 10 centimètres, en moyenne, dans un sens, sur 6 à 8 dans l'autre, à parois épaisses (5 à 7 centimètres). Quelques-unes de ces chambres, vers le sommet du nid, peuvent être vides, mais la plupart sont remplies par les meules à mycélium.

Autour de la termitière est un réseau de galeries souterraines, par lesquelles les termites vont, parfois à plus de cent mètres, chercher le bois mort avec lequel ils feront leurs meules.

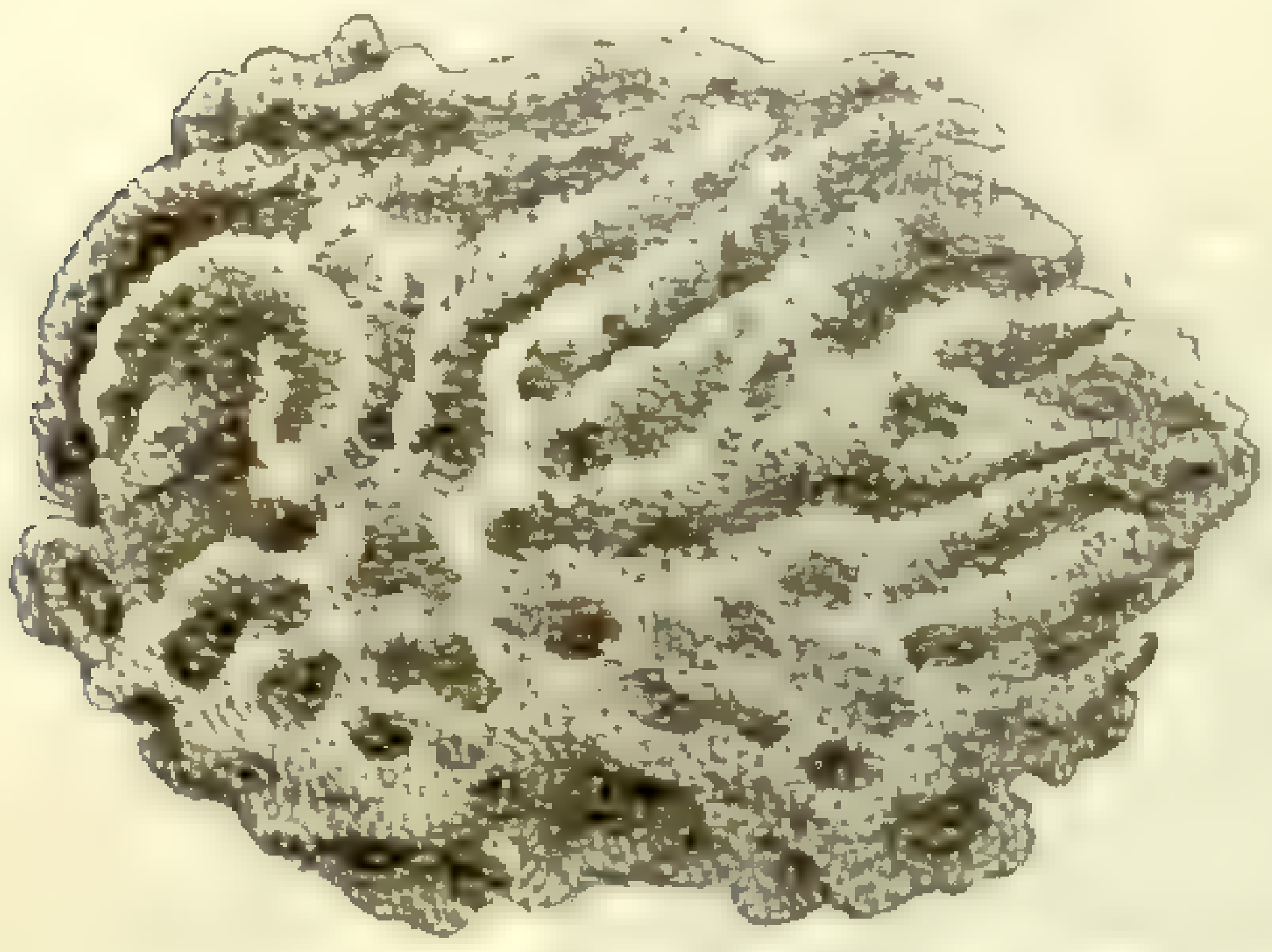


Fig. 2. — Fragment de meule à mycélium.

Cette fabrication des meules a lieu surtout en saison des pluies; en saison sèche le *Termes Perrieri* sort très peu, quoiqu'il y ait dans le nid, pendant toute l'année, ponte, couvée et élevage des larves (1).

Les meules, ou gâteaux, sont (fig. 2) des masses à surface arrondie qui ont la forme des chambres qui les contiennent, mais sont libres de toute adhérence avec les parois de ces chambres. Leurs dimensions moyennes sont 7 centimètres sur 4; elles peuvent avoir cependant quelquefois, dans les plus grandes chambres, 14 centimètres sur 10.

Elles sont constituées par l'agglomération de petits granules assez régulièrement sphériques, d'un demi-millimètre de diamètre environ. Dures lorsqu'elles se sont desséchées à l'air, elles sont, dans les nids, tendres, humides et friables.

Au microscope, les granules apparaissent formés de débris végétaux qui sont si finement morcelés que la structure cellulaire n'y est plus que rarement reconnaissable; on ne retrouve que çà et là quelques petites cellules scléreuses plus ou moins intactes. C'est, en somme, l'aspect que présente, lorsqu'on l'examine également au microscope, la poudre de feuilles mortes ou de petits morceaux de bois très secs. Aucun débris ne bleuit lorsqu'on fait agir successivement la solution iodo-iodurée et l'acide sulfurique. Nous n'avons jamais, non plus, constaté la présence d'amidon.

---

(1) Au contraire, il y a peu de larves en saison sèche dans les termitières des collines, dont les habitants vivent surtout avec les débris de Graminées qu'ils ont emmagasinés, et dont ils renouvellent de temps en temps la provision. Car l'espèce collicole sortirait plus souvent en saison sèche que l'espèce sylvicole, à qui ses meules semblent suffire et qui mure même, pendant cette période de l'année, les orifices de la plupart de ses galeries. Parmi les espèces arboricoles, celle qui vit sur les palétuviers — nous ne savons pour les autres — ne suspend jamais ses travaux du dehors et ne fait aucune provision. Autant d'espèces, autant de mœurs.

Lorsqu'on fait bouillir avec de la liqueur de Fehling une décoction filtrée de fragments de meules, il y a un léger précipité rouge, qui ne devient plus abondant que si la décoction, avant filtration et pendant qu'elle bouillait, a été additionnée de quelques gouttes d'acide chlorhydrique. C'est encore un résultat analogue à celui qu'on obtient en traitant, dans les mêmes conditions, des feuilles mortes ou des bois morts.

M. Döflein et M. Petch admettent que c'est en traversant le tube digestif des insectes que tous les débris cellulaires s'agglutinent en granules. Nous partagerions volontiers cet avis pour le *Termes Perrieri*. L'un de nous a examiné des ouvriers de cette espèce qu'il a pris sur un morceau de bois qu'ils avaient commencé d'attaquer. L'abdomen de ces ouvriers était dilaté et brunâtre; une légère pression en a fait sortir une matière qui, étalée sur une lame de verre à côté d'un granule frais également écrasé, était absolument semblable à celui-ci et était aussi composée de parcelles de tissus végétaux. Ces granules, contrairement à ce que nous avions pensé tout d'abord, sont complétement dépourvus de terre ou de sable. Par contre, le ciment qui, dans la meule, les unit entre eux est un mélange de gros grains de sable, de terre et de débris cellulaires. Ce serait donc essentiellement à cette sorte de mortier qu'appartiendrait le résidu abondant que laisse l'incinération des meules.

Une première fois, nous avons trouvé que ce résidu était de 14,30 pour 100. Une seconde fois, avec des meules d'une autre termitière, nous avons trouvé 14,79.

Les cendres, dans ces deux cas, étaient blanc grisatre.

Une troisième fois, avec d'autres meules, nous avons trouvé la proportion plus forte de 28,15 pour 100. Le résidu de l'incinération était rouge brique. Il est possible que la quantité de terre qui entre dans la confection d'une meule soit sensiblement toujours la même pour une même terre mais varie avec le terrain.

Elle pourrait varier aussi un peu suivant la saison. Au moment des premières pluies, les meules sont très friables; et les insectes s'en aperçoivent bien, car ils ajoutent, çà et là, de petites plaques lenticulaires de terre bien pétrie, destinées à consolider l'ensemble.

Ces petites lentilles à surface très lisse — et qu'on prendrait à première vue pour des taches cireuses — nous intriguèrent même assez longtemps. Nous ne devinions pas ce que pouvaient être ces formations régulières, larges parfois d'un demi-millimètre, qui étaient réparties, ça et là, sur les meules à la surface du mycélium, et sans être recouvertes elles-mêmes tout d'abord de filaments. Ce n'est qu'assez récemment que nous nous sommes rendu compte que c'étaient des « ajouts », dont nous venons de voir la nature et le rôle, mais qui évidemment élèvent à ce moment la proportion de terre des meules.

Ces meules, ainsi que nous l'avons déjà dit dans nos notes précédentes, ne sont pas des masses compactes. Les boulettes qui les composent sont accolées de façon à former (fig. 2) un ensemble qui est un véritable labyrinthe, avec de nombreuses galeries intérieures sinueuses et irrégulières, plus larges que hautes. La surface de culture du champignon est ainsi, aussi étendue que possible.

Chaque gâteau serait fabriqué en plusieurs fois ; et c'est ce qui expliquerait que, frais, il ne soit pas de couleur uniforme. Il présente, en effet, trois teintes qui, sans être nettement délimitées, amènent cependant à distinguer assez facilement les trois régions suivantes :

1° une partie grise ou gris-noirâtre, dont les granulations sont bien visibles, mais sur laquelle le mycélium est rare ou même manque ;

2° une partie jaune-clair, à granulations plus vagues, plus tendre que la précédente, exhalant une bonne odeur de champignon, et couverte d'un mycélium serré et d'un grand nombre de ces petites pelotes dont nous parlerons plus loin ;

3° une partie noire, qui est toujours attenante, par un côté, à la partie grise, mais où les granules deviennent indistincts, en même temps que le mycélium abondant qui la revêt est plus ou moins dépourvu de ces pelotes ; et celles qu'on y trouve sont très petites.

La partie jaune-clair est souvent rongée par les termites, qui y creusent de grandes cavités ; les parties grise et noire sont toujours intactes.

Voici comment nous interprétons ces diverses teintes. Les parties grises sont les parties nouvellement formées. Les parties jaune clair sont celles qui ont été suffisamment modifiées par le champignon pour que — conformément à ce que nous admettrons plus loin — elles puissent être consommées. Les parties noires seraient peut-être un coin de réserve, d'où le mycelium s'étendrait sur les parties grises, c'est-à-dire nouvellement ajoutées, au fur et à mesure que la portion jaune clair est mangée. Et ce passage du champignon de la partie noire sur la partie grise est d'autant plus facile que nous avons vu que ces deux régions sont toujours en continuité par l'un de leurs bords.

Le mycélium des parties jaune et noire est formé de filaments abondamment ramifiés, qui s'entrecroisent en tous sens en un feutrage serré mais très mince. Ceux de ces filaments que nous avons examinés au microscope ont été prélevés sur des meules qui aussitôt après leur extraction de la termitière, avaient été desséchées ou mises dans l'alcool ; nous les avons placés dans l'acide lactique. Ils avaient, au plus, 0 mm. 003 de largeur ; des anastomoses les réunissent çà et là.

C'est aux points où les entrecroisements sont nombreux que s'organisent surtout les « pelotes fongiques » auxquelles nous faisions allusion tout à l'heure.

Ces pelotes parsèment le mycélium, et tout particulièrement dans les anfractuosités des meules. Ce sont de petits stromas arrondis, très blancs, de dimensions variables ; les plus gros peuvent avoir, à l'état frais, jusqu'à 1 millimètre de diamètre ; d'autres sont beaucoup plus petits et n'ont, par exemple que 0 mm. 250, ou moins.

Les filaments qui les composent sont des files de grosses cellules elliptiques, plus ou moins dilatées chacune dans leur région médiane ; à chaque cloison correspond, par suite, un léger étranglement. Les cellules ont (1) de 0 mm. 020 à 0 mm. 040 de longueur sur 0 mm. 012 à 0 mm. 015 de largeur ; leur paroi est assez épaisse et ne se colore pas par le bleu coton. Vers la périphérie de la pelote, chaque filament (fig. 3) se ramifie plusieurs fois par bifurcations successives ; les cellules deviennent plus globuleuses et plus courtes et n'ont plus que 0 mm. 018 à 0 mm. 020 de longueur. Les dernières branches sont

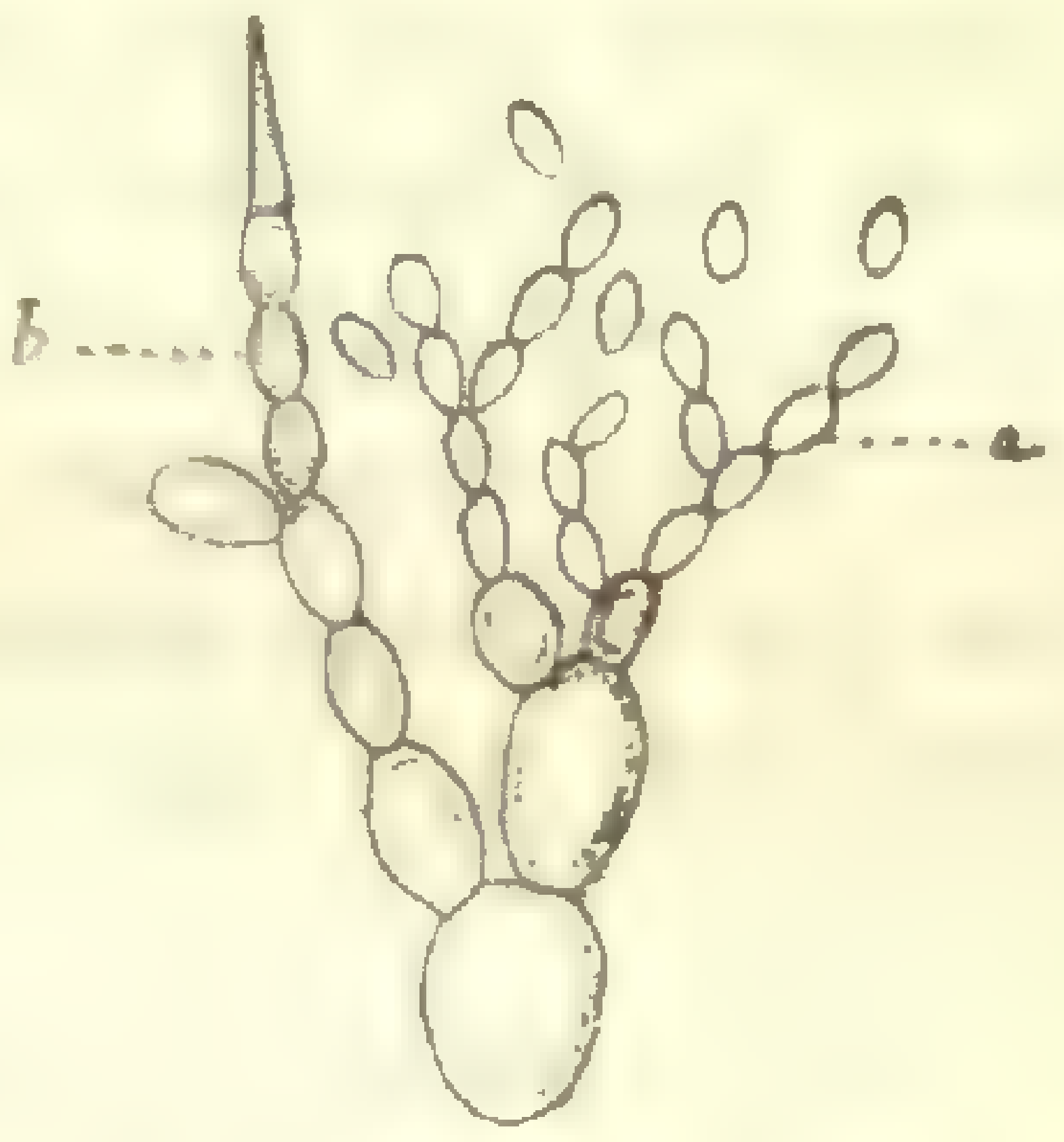


Fig. 3. — **Extrémités des filaments des pelotes fongiques ; *a*, conidies.**

---

(1) Ces mesures ont été prises sur des pelotes sèches, que nous avons examinées dans l'acide lactique. Elles peuvent donc bien être comparées aux mesures que nous avons déjà données pour les filaments du mycelium, mais ne sont pas celles des cellules des pelotes fraîches, car ces pelotes ne reprennent jamais, après dessiccation, leur volume primitif, avec les dimensions que nous avons indiquées. Les pelotes sèches ont, au plus, 0 mm. 600 de diamètre.

de deux sortes : les unes (*b*, fig. 3) sont formées de ces mêmes cellules globuleuses, que surmonte toutefois, comme cellule terminale, une cellule étroite, allongée et aiguë, qui est une sorte de poil ; les autres se continuent par de courts chapelets (*a*, fig. 3) ramifiés de petites cellules elliptiques, bien différentes des précédentes. Ces cellules, qui n'ont plus que 0 mm. 012 sur 0 mm. 006 en moyenne, ont une membrane mince qui se colore par le bleu coton et qui est, par conséquent, callosique ; elles se dissocient très facilement et sont vraisemblablement des spores, quoique nous n'ayons jamais réussi, dans le laboratoire, à les faire germer, même sur gélatine additionnée d'une décoction de fragments de meule. Mais leur forme et leur mode de formation ne peuvent guère laisser de doute. Et le fait, que nous signalerons plus loin, que ces cellules elliptiques sont mangées par les termites n'est pas une objection à cette interprétation, car les spores peuvent, tout aussi bien que les autres parties du mycélium, être détournées par les insectes de leur véritable destination. Tous les auteurs l'admettent parfaitement pour les autres espèces de termites ou pour les fourmis mycophages. M. Petch dit que, à Ceylan, les termites se nourrissent des « sphères conidiennes ».

Dans les nids de notre *Termes Perrieri*, les spores, sur les pelotes, sont surtout nombreuses en saison sèche ; leur abondance masque plus ou moins, à ce moment, les cellules étroites et aiguës des filaments stériles. Au contraire, en saison pluvieuse, toutes ces cellules pointues font saillie et hérissent la surface des pelotes, car les spores alors sont rares et se renouvellent très lentement.

Traitées à chaud par la liqueur de Fehling, les pelotes prennent une coloration rouge qui n'est pas très foncée, mais qui est néammoins très nette, surtout vers le centre de la masse. Par l'acide osmique, elles noircissent. Ce sont donc des régions du mycélium assez riches en subtances diverses, telles que sucres réducteurs et substances grasses ; et cette accumulation de matières nutritives est en concordance avec le rôle que nous attribuerons tout à l'heure à ces petits stromas, et qu'on pressent.

Tant que la termitière est habitée, le mycélium ne présente pas d'autre formation que ces pelotes, soit à la face supérieure des meules, soit sur les parois de toutes les galeries qui, intérieurement, sillonnent le gâteau ; il n'en est pas de même pour la face inférieure.

Cette partie de la meule qui avoisine le plancher de la chambre n'est pas à surface régulière comme la partie supérieure ; elle présente de nombreuses saillies obtuses qui la rendent inégale et raboteuse. Ces aspérités sont évidemment des sortes de piliers qui soutiennent la masse, et nous en avons comme preuve que les termites entourent parfois de boue triturée celles dont la solidité ne leur paraît pas suffisante.

Or, au sommet de certaines de ces saillies — et, pour préciser, de celles qui sont un peu latérales ou qui, tout en étant en dessous, ne sont pas en contact avec la terre de la chambre — on constate un changement d'aspect des filaments mycéliens. Jusqu'alors incolores, ces filaments, en s'allongeant au-delà de l'extrémité de l'aspérité, brunissent ; puis du milieu de la petite touffe que forme leur ensemble, il se dégage un cordon épais, cylindrique, de même couleur brûnatre, long bientôt de 3 ou 4 millimètres.

Dans un nid habité, jamais ce cordon ne dépasse beaucoup cette longueur. Il ne reste par conséquent — car il ne peut être autre chose — que l'ébauche de l'un de ces cordons rhizomorphes que nous décrirons plus loin, lorsque nous rechercherons quelle est la forme parfaite du champignon des termitières. Et ce ne peut être qu'un petit rhizomorphe, puisque c'est un corps cylindrique, composé de filaments bruns parallèlement accolés, sur lequel nous n'avons jamais pu observer de spores. Nous ne disons pas, d'ailleurs, que ce sont ces cordons qui, plus tard s'allongeront si la termitière est abandonnée ; ils peuvent être définitivement avortés. Nous les considérons seulement comme une tentative vaine de formation de corps qui, apparaissant dans d'autres conditions, pourront atteindre leur complet développement.

Et c'est là précisément ce que nous avons encore à faire remarquer dès maintenant : les grandes différences que présente, à tous égards, morphologiquement le champignon des termitières dans les nids habités et dans ceux qui sont abandonnés.

En présence des termites, jamais le mycélium, dans les nids, ne se développe plus que nous l'avons dit jusqu'alors ; c'est toujours un mince voile résillé, appliqué étroitement contre la surface des granules. Nous appelerons « forme rase » cette forme mycélienne, qui, croyons-nous, ne donne jamais que les pelotes à conidies et les courts cordons des aspérités de la face inférieure des gâteaux.

Mais que la termitière soit abandonnée, et l'aspect se modifie immédiatement. Du voile mince et ras naissent rapidement des filaments qui se dressent au-dessus de la surface des meules en formant un épais duvet de 4 ou 5 millimètres de hauteur ; et ces filaments, en même temps, s'étendent au-delà du gâteau, contre les parois des chambres, où ils s'irradient. C'est ce que nous appellerons la « forme envahissante ».

Les filaments aériens de cette forme ne seraient plus aussi fréquemment anastomosés que les filaments rampants, si même ils le sont ; l'ensemble est moins touffu. Les pelotes disparaissent. Par contre, après quelques jours commencent à apparaître, sur les meules et sur les parois des chambres. les sclérotes de formes et de grosseurs diverses que nous décrirons plus loin.

Pour amener tous ces changements, il n'y a qu'à provoquer l'abandon d'une termitière ; et chez l'espèce sylvicole qui nous intéresse c'est chose facile, car il suffit d'abattre l'arbre qui l'abrite. Dès que son nid n'est plus à l'ombre, le *Termes Perrieri* le quitte.

Si c'est en saison sèche, les stromas stériles que nous venons de signaler sont, du reste, les seules formations que présentera le mycélium « envahissant » ; si c'est en saison pluvieuse, ces stromas se développent davantage et donnent finalement la partie fertile que nous étudierons.

Fait curieux : *ce seraient exclusivement les ouvriers qui seraient capables de maintenir dans la termitière la « forme rase »*. Dans un nid d'où tous les ouvriers seraient sortis, et qu'habiteraient cependant encore les soldats, les mâles, les reines et les larves, le champignon prendrait la « forme envahissante », et des moisissures adventices se développeraient tout comme si la termitière était complètement abandonnée. Ce serait donc, à bref délai, la mort de toute la colonie.

C'est ce qu'on peut constater dans les tubes où l'on introduit des fragments de meules et des termites; le champignon ne se maintient court et pur que tant que les ouvriers sont en nombre suffisant.

Comment ces ouvriers obtiennent-ils ce résultat? Nous ne saurions le dire. Peut-être est-ce en coupant continuellement le mycélium ; et il semblerait bien parfois que, par endroits, les filaments sont arrachés. Il est cependant tout aussi possible que les insectes, au lieu d'agir directement sur le champignon, réalisent certaines conditions extérieures qui gênent son développement. Et les deux expériences suivantes pourraient nous faire pencher vers cette seconde hypothèse.

1e expérience. – Des fragments de meule et des termites sont placées dans des tubes en verre fermés avec des tampons d'ouate — Même en présence d'ouvriers, le mycélium ne reste court que si ces ouvriers réussissent à murer l'ouverture du tube sous la ouate.

2e expérience — Deux tubes stérilisés ont été remplis de fragments de meules fraîches et fermés avec des bouchons de liège. L'un a été mis dans une termitière de l'espèce collicole, qui, nous le savons, ne cultive pas le champignon; l'autre a été glissé à l'intérieur d'un nid de l'espèce sylvicole. Huit jours plus tard, les deux tubes ont été examinés: le champignon n'avait pris la forme envahissante que dans le tube introduit dans la termitière des collines; il était resté ras dans le nid du *Termes Perrieri*.

Ce serait bien l'indication que la forme courte est obtenue et conservée par certaines conditions de milieu, obscurité, température constante, humidité, ou autres.

Mais quelles sont celles de ces conditions qui ne seraient pas réalisées dans les termitières des collines? C'est ce que nous ignorons.

En somme, il y a, dans cette influence de la présence des ouvriers sur le mode de développement du mycélium, un fait que nous croyons avoir constaté avec certitude mais que nous ne pouvons actuellement expliquer.

Ce qu'on pourrait penser et objecter, c'est que la « forme envahissante » est, en réalité, une espèce autre que la « forme rase ». M. Petch dit que les termites de Ceylan « extirpent » continuellement les champignons étrangers. La prétendue « forme envahissante » pourrait être une de ces espèces adventices qui se développerait aussitôt que cesserait son extirpation. Nous ne pouvons admettre que le mycélium aérien et duveteux soit indépendant du mycélium rampant, car : 1° un développement aussi rapide d'un mycélium nouveau sur un mycélium qui recouvre déjà toute la surface de culture dans un milieu qui lui convient tout spécialement est invraisemblable: 2° il y a continuité manifeste entre les filaments dressés et les filaments rampants; et 3° lorsque, comme l'un de nous l'a fait sur place, on met dans un tube stérilisé, des pelotes à conidies et des fragments de meule bouillis, les pelotes, qui, incontestablement appartiennent à la « forme rase », donnent la « forme envahissante ». On obtient le même résultat lorsqu'on met dans des tubes des fragments frais de meule et du mycélium ras.

C'est pour ces diverses raisons que nous rapporterons plus loin au vrai mycélium des meules les formations stromatiques stériles et fertiles que nous verrons donner à son tour le mycélium aérien duveteux.

De quoi se nourrissent les termites ?

Maintenant que nous connaissons la structure des meules et que nous savons en quel état et sous quelles formes le champignon se développe à leur surface et sur les parois de leurs sinuosités intérieures, cherchons à voir quel parti les termites tirent de leurs cultures et ce qu'ils consomment.

Première expérience. — Quelques meules recouvertes de mycélium avec pelotes conidiennes ont été extraites d'une termitière et transportées sous une cloche en verre, avec les larves et les termites de différentes tailles qui y étaient logés. Voici, jour par jour, les observations qui ont été faites, et les remarques qu'elles peuvent suggérer.

2e jour. — c'est-à-dire 24 heures après l'installation de l'expérience. — Beaucoup de petites larves sont tombées des meules sur le papier sur lequel ces meules ont été posées. Les unes sont mortes ; les autres errent en tous sens pour trouver une issue. De petites pelotes conidiennes leur sont présentées, mais elles n'y prêtent aucune attention. Au contraire, des larves plus grosses s'arrêtent et paraissent s'en nourrir : elles ne mangeraient toutefois que les spores.

Sur les meules mêmes, les insectes semblent mener leur vie normale, sauf quelques jeunes larves qui manifestement marchent sans but et sont affamées.

Des soldats montent la garde aux entrées de quelques couloirs. Mais aucun essai de murage n'est entrepris, Nous attribuons le fait à une insuffisance du nombre des ouvriers. Et la mort des jeunes larves a, sans doute, la même cause, si l'on admet que les ouvriers triturent les spores des pelotes, pour les offrir ensuite à ces larves, dont les organes sont encore trop tendres pour la mastication. Les larves plus âgées seules pourraient se suffire à elles mêmes. En tout cas, ce qui prouve bien que le nombre des ouvriers est moindre qu'il ne devrait l'être, c'est que, comme nous venons de le remarquer, il n'y a aucune tentative de murage. Invariablement, d'ordinaire, chez le *Termes Perrieri*, la première préoccupation des ouvriers, dans une termitière ouverte, est de clore sans retard les orifices que, de leurs mandibules menaçantes, les soldats défendent.

Dans le cas présent, les ouvriers, continuellement occupés, en raison de leur nombre restreint, à nourrir les larves, n'ont pas trouvé le temps d'essayer un replâtrage.

3ᵉ jour. — Les cadavres des larves tombées sur le papier sont intacts. Quelques autres petites larves sont tombées à leur tour. Les ouvriers, après avoir donné aux jeunes les premiers soins urgents, ont, sans doute, maintenant quelques moments de liberté, car il y a des ébauches de murage aux orifices. A l'intérieur, la vie reprend de plus en plus son cours habituel ; sauf quelques égarées, qui courent encore çà et là, les larves sont de nouveau « parquées » pendant que, aux ouvertures de quelques galeries, des soldats laissent entrevoir leurs mandibules, en agitant continuellement leurs antennes.

Le nombre des pelotes conidiennes n'a pas diminué ; ces pelotes sont seulement un peu plus petites, mais probablement parce qu'elles se dessèchent. Aussi le papier est-il humecté d'un peu d'eau.

4ᵉ jour. — Quelques larves sont encore tombées sur le papier, où elles meurent. Les pelotes disparaissent sur les meules ; on n'en voit plus guère que sur les parties saillantes et en dehors des galeries gardées par les soldats ; et elles sont encore plus petites que la veille. On augmente l'humidité. La veille au soir, quelques ouvriers avaient tenté une sortie, mais étaient vite rentrés. Sur les pelotes restantes il y a encore des spores, mais de moins en moins. Au bord des galeries gardées par les soldats il semble bien que les larves broutent ces pelotes. L'abdomen des ouvriers est rempli d'une matière noire plus foncée que d'ordinaire ; celui des larves est toujours très blanc. Certains signes indiqueraient que la famine commence à se faire sentir dans la petite colonie ; cependant les soldats ont toujours des allures belliqueuses et tout paraît tranquille au fond des galeries.

5ᵉ jour. — Les meules sont redevenues, en apparence, aussi humides que dans les termitières. Les pelotes restent, néanmoins, très petites, et il n'y en a plus, du reste, que dans les endroits que ne fréquentent guère les larves. Certains ouvriers ont l'abdomen très flasque. Mais voici qu'un champignon nouveau, évidemment adventice, apparaît sur les aspérités de la surface des meules, aux endroits où ne vont jamais les termites. A l'œil nu, il est verdâtre ; et par ses appareils conidiens qui se développent rapidement, c'est un *Aspergillus*. Les points où il s'est montré sont ceux qui, évidemment, sont le plus exposés à être infestés par des germes étrangers. Dès que ce mycélium rencontre des pelotes, celles-ci sont désagrégées. A l'intérieur des meules, celles de ces pelotes qu'on trouve encore ne portent presque plus de spores, et leur surface est hérissée par les pointes des filaments décrits plus haut.

Nous avons omis de dire que, depuis quelque temps déjà, les larves tombées sur le papier et mortes disparaissaient ; il n'y en a bientôt plus. Mais qu'on soulève les meules, on s'aperçoit que tous les cadavres ont été réunis sous ces meules, dans un coin sombre, et, sans aucun doute, par les soins des ouvriers. Aucun n'a été dévoré. Les plus récents de ces cadavres ont l'abdomen plein.

Par contre, quelques ouvriers ont le ventre vide, et le fait est d'autant plus inexplicable qu'on trouve encore dans le nid quelques pelotes qui étaient à la portée des insectes. Aux entrées des galeries, les soldats ont toujours l'air robuste et ne semblent pas souffrir de la faim.

6^e jour. — La mort exerce ses ravages. Les soldats ne gardent plus les ouvertures. Ils gisent sur le sol le ventre flasque, ainsi que les ouvriers et les grosses larves. Seules, dans les galeries, les plus jeunes larves, présentant une résistance inattendue, sont encore nombreuses et bien vivantes, aux endroits du moins où le mycélium a gardé son aspect primitif et n'a pas été envahi par la nouvelle moisissure. Dans ces endroits, il reste quelques pelotes intactes. Les larves ont-elles survécu en s'en nourrissant, alors que la dessication des meules a rendu la substance immangeable pour les adultes, dont ce serait la nourriture principale ? C'est possible. Indiquons, en effet, par anticipation, ce que nous allons admettre plus loin, que les soldats et les ouvriers consommeraient la matière même des meules; les petites larves seules vivraient exclusivement du champignon. Et, dans l'expérience présente, les adultes se sont bien nourris de la meule même, car, lorsque les observations ont pris fin — et elles ont été intempestivement terminées, ce sixième jour, par une invasion de fourmis — les meules ont été examinées minutieusement : certaines places, à l'intérieur, étaient rongées.

Seconde expérience. — On serait en droit d'objecter à l'expérience précédente qu'elle n'a pas été faite dans des conditions correspondant exactement à celles qui sont réalisées dans les termitières. Les meules, sous la cloche, étaient en pleine lumière et soumises à une humidité variable; dans les nids, ces meules sont à l'obscurité et à une humidité constante. La seconde expérience a donc été établie dans des conditions différentes.

Quelques soldats, quelques ouvriers et quelques larves ont été introduits dans quatre tubes, fermés avec des tampons d'ouate humide. Dans deux de ces tubes seulement des fragments de meule avec mycélium ont été ajoutés. Les quatre tubes sont placés à l'obscurité.

2ᵉ jour.— C'est-à-dire après 24 heures.— Les termites des deux tubes qui ne contiennent pas de meule sont tous sur le dos et ne remuent presque plus. Ceux des deux autres sont, au contraire, bien vivants.

3ᵉ jour — Ainsi qu'on pouvait le prévoir, les termites des deux premiers tubes sont morts. Nous n'avons plus désormais à nous occuper que des autres, qui, pour le moment se portent admirablement.

4ᵉ jour. — Aucun changement ; l'abdomen de tous les individus est rempli, peu coloré.

5ᵉ jour. — Dans les deux tubes, quelques grosses larves mal placées et immobilisées sont mortes. Il est à craindre qu'elles n'infestent le milieu ; elles sont enlevées de l'un des tubes. Tout le reste de la petite colonie est en bonne santé ; les ouvriers vont et viennent, les larves paissent, et les soldats ont leurs allures habituelles. Aucune modification n'est apparente dans les meules, le mycélium et les pelotes.

6ᵉ jour. — Dans le tube où les cadavres ont été laissés beaucoup d'autres termites sont morts. Dans celui d'où les cadavres ont été enlevés, l'état général est si satisfaisant que les ouvriers ont entrepris d'établir un mur immédiatement au-dessous du tampon de ouate, qui ne leur semble pas évidemment un abri suffisant contre les ennemis du dehors. Les meules sont visiblement rongées par places.

7ᵉ jour. — Dans le tube sans cadavres tout continue à bien aller. Le mur est terminé. Est-ce seulement pour le construire que les meules ont été rongées ? Dans le tube infesté, quelques soldats, des ouvriers et même une grosse larve continuent à vivre. La larve est certainement nourrie par les ouvriers, car elle est coincée entre un fragment de meule et la paroi du tube et ne peut se déplacer. Les meules ont l'aspect ordinaire, et les pelotes sont telles qu'on les observe dans les termitières. L'humidité est soigneusement entretenue.

8ᵉ jour. — Tout va toujours bien. Les plus jeunes larves sont même très vives, bien soignées par les ouvriers. Les pelotes paraissent grossir.

9ᵉ jour. — Le tube qui contient les cadavres est envahi par un champignon étranger ; quelques soldats sont les seuls survivants. Dans l'autre tube, un tiers environ des termites est mort ; sur l'un d'eux apparaît une moisissure, en même temps que la meule se couvre d'une autre espèce, qui paraît être l'*Aspergillus* de l'expérience précédente.

10^e jour. — Tous les insectes sont morts dans les deux tubes, où se développent des mycéliums divers. Toutefois, dans le tube d'où les premiers cadavres avaient été enlevés il semble que la moisissure qui domine soit la « forme envahissante » de l'espèce des termitières.

En somme, nous devons surtout retenir de cette seconde expérience que *les meules sont bien nécessaires pour la vie des termites, et que les larves jeunes seraient bien nourries par les ouvriers.*

Mais est-ce le champignon ou la substance des meules qui est l'aliment des adultes ? L'expérience suivante va, croyons nous, résoudre cette question, à laquelle nous avons, par avance, répondu, à la fin de l'exposé de la première expérience.

Nous venons bien de voir que, dans les tubes, les meules étaient rongées, mais nous avons fait remarquer qu'elles pouvaient l'être simplement pour fournir des matériaux à la construction des nids.

Troisième expérience. — Quelques adultes sont mis dans un tube, fermé avec de la ouate et placé à l'obscurité ; mais ils n'ont à leur disposition que quelques pelotes conidiennes.

2^e jour. — C'est-à dire après 24 heures. Les insectes se portent bien. Les pelotes n'ont pas été mangées ; elles ont seulement diminué de volume, mais vraisemblablement par suite de dessication. Elles sont remplacées par des pelotes fraîches.

3^e jour. — Les insectes vivent, mais leurs allures sont lentes. D'autres pelotes sont encore remises.

4^e jour. — Trois soldats et deux ouvriers sont vivants ; tous les autres sont morts. Les suivants sont d'ailleurs, en triste état. Un peu de substance fraîche de meule les sauverait-il ? Un fragment en est introduit.

5^e jour. — Les cinq individus sont sauvés ! Ils sont bien mieux portants que la veille.

6^e jour. — Il est manifeste qu'ils sont tirés d'affaire.

Ils sont morts cinq jours plus tard, mais parce que, comme dans les expériences précédentes, des champignons adventices ont altéré les meules.

On ne peut douter que *ce sont bien les fragments de meule qui les ont sauvés*, car, dans une *quatrième expérience*, des individus à ventre flasque et malades — et qui provenaient de la première expérience — ont été mis dans des tubes avec un certain nombre de pelotes, et tous sont morts le lendemain, sans que les pelotes fussent touchées.

Mais comment se comporteraient les larves dans les mêmes circonstances ?

Nous avons laissé pressentir plus haut que ces jeunes pourraient, mieux que les adultes, se contenter du champignon ; et nous nous basons, pour le croire, sur les deux expériences suivantes :

Cinquième expérience. — Des tubes mis à l'obscurité ne contiennent encore que des pelotes, comme aliment ; mais des larves sont introduites en même temps que des ouvriers.

Après 24 heures, tous se portent bien ; de nouvelles pelotes sont ajoutées.

Le troisième jour, les larves seules survivent.

Le quatrième jour, quelques unes sont agonisantes.

Le cinquième jour, cinq ou six pourtant résistent encore et ne meurent que le lendemain. Ces larves ont donc tout au moins vécu plus longtemps que les adultes.

Sixième expérience. — De très jeunes larves sont placées dans un tube avec un fragment de meule. Sans conteste, elles ont les mandibules trop faibles pour pouvoir ronger les substances même du gâteau. Si donc elles restent vivantes sans le secours d'ouvriers, c'est qu'elles auront brouté le mycélium, mais uniquement ce mycélium.

Après 24 heures, toutes se portent bien. Le troisième jour, il y a quelques morts, parmi les individus les plus petits : mais les survivants sont encore vifs le lendemain, et plusieurs résistent jusqu'au septième jour.

Remarquons que, dans toutes les autres expériences, les termites qui ne trouvaient pas dans les tubes la nourriture qui leur convenait mouraient généralement à la fin du premier jour. *Les larves se sont donc ici suffisamment alimentées avec le seul mycélium.*

Inversement, par une *septième expérience*, nous pouvons de nouveau nous assurer que les adultes consomment la meule même.

Ces adultes ont été installés dans un tube où sont des fragments de meule sans aucune pelote. Ils s'y trouvent si bien que les ouvriers construisent un mur contre la ouate, comme dans la seconde expérience. La meule est rongée ; et, le troisième jour, les insectes ont le ventre coloré. Quelques-uns (deux soldats et un ouvrier) sont encore vivants *au bout de quatorze jours*. Le seizième jour, les soldats sont engourdis, mais l'ouvrier est toujours alerte et a le ventre plein. Malheureusement, des champignons adventices sont apparus depuis quelques jours et envahissent de plus en plus les meules ; cet ouvrier meurt à son tour.

MO. BOT. GARD.
1911

Il n'en est pas moins certain que, pendant environ deux semaines, *ces adultes n'ont pu vivre qu'en se nourrissant des meules, et exclusivement de ces meules puisqu'il n'y avait aucune pelote.*

Pour les larves, l'observation, en plus de l'expérience, fournit la preuve que c'est le champignon qui, au contraire, leur est essentiellement utile, car il suffit d'examiner avec attention ce qui se passe dans les termitières.

Les jeunes larves y sont toujours rassemblées en nombre considérable — et surtout dans les chambres inférieures du nid, qui sont les plus humides — sur des surfaces planes où, incontestablement, elles « paissent », sous la simple surveillance de deux ou trois ouvriers. Ces deux ou trois ouvriers ne pourraient triturer toute la matière végétale nécessaire même à la millième partie du troupeau. D'autre part, dans ces « prairies », les pelotes manquent ; elles ne sont que dans les anfractuosités ou au sommet des saillies. Les prairies, en outre, sont surtout sur les plus vieilles parties de la meule, là où les granules sont devenus indistincts. Enfin ces endroits ne sont jamais rongés ; ou s'ils commencent à l'être, les larves sont transportées sur d'autres parties intactes. *Le mycelium serait donc le grand aliment de ces jeunes*, et les ouvriers surveillants auraient peut-être pour charge principale de le maintenir — comment ? — sous sa forme « rase », c'est-à-dire comestible.

Ce qui n'empêcherait que, à l'occasion, comme nous l'avons vu dans la première des expériences précédentes, ces ouvriers mâcheraient aussi les spores des pelotes pour les redonner aux larves.

Et, *en resumé*, voici ce que nous croyons devoir admettre :

Les larves très jeunes se nourriraient du mycélium, ou encore des spores des pelotes, que les ouvriers prendraient le soin de leur triturer. Plus âgées, ces larves consommeraient directement ces spores ; aucune de nos observations ne nous permet de dire que les pelotes tout entières soient ingerees. Les adultes, ainsi que les très grosses larves, mangeraient la substance de la meule, du moins dans sa partie jaune-clair, qui serait la portion qui, sous l'influence du champignon, a été modifiée de façon à devenir alimentaire. Naturellement le mycélium qui recouvre la substance est aussi ingéré, mais il ne l'est qu'accessoirement. Les pelotes sont aussi, pour ces adultes, tout-a-fait insuffisantes ; ouvriers et soldats meurent lorsqu'ils n'ont pas d'autre nourriture.

L'utilisation des pelotes par les larves serait, au contraire, encore démontrée par cette dernière observation que, lorsqu'on met la forme « rase » du mycélium dans un tube en présence de nombreux adultes et de quelques jeunes seulement, les pelotes deviennent trois fois plus grosses que lorsqu'il y a beaucoup de larves. Celles-ci seraient donc les seules qui toucheraient à ces formations.

Nous aurions tendance également à croire que les mêmes spores seraient une partie de la nourriture de la reine ou des deux reines; mais nous ne pouvons rien affirmer sur ce point. En tout cas, les meules où pondent les reines sont beaucoup plus tendres que les autres.

Avec l'explication précédente, le champignon serait à la fois un aliment (pour les jeunes) et un agent de transformation de la matière des meules (pour les adultes et les très grosses larves).

L'identification du champignon des meules

Lorsque le champignon, soustrait à l'influence des ouvriers, prend, dans les termitières abandonnées, la forme que nous avons appelée « envahissante », il se peut que, sur le mycélium même, des appareils conidiens autres que les pelotes se développent; mais, dans les conditions où notre étude a été faite, nous devons laisser de côté cette question, qui, au surplus, n'a qu'un faible intérêt.

Celui d'entre nous qui a examiné le champignon dans le laboratoire a procédé à cet examen en France, sur des échantillons qui, par conséquent, étaient extraits des termitières depuis quelque temps déjà et avaient pu être contaminés en cours de route (1). Comment affirmer que les formes trouvées ne correspondent pas à des espèces adventices ?

Et nous devions nous méfier d'autant plus de cette cause d'erreur que, sur place, l'un de nous a pu, à maintes reprises, constater avec quelle rapidité les meules retirées des nids s'infestent. Il suffit de vingt-quatre heures pour que des moisissures étrangères soient déjà visibles. C'est, par exemple, dans ce court laps de temps qu'est apparu plusieurs fois un champignon que, dans l'une de nos notes antérieures, nous avons considéré comme un *Œdocephalum*.

Les *Œdocephalum* sont des Mucédinées-Céphalosporiées. Les formations conidiennes de l'espèce trouvée sur les meules se présentent, vues à la loupe, comme des granules jaune-verdâtre, de 0 mm. 06 à 0 mm. 09 de diamètre. Plus exactement, un pédicelle court et mince, cloisonné, se termine par un fort renflement sphérique, marqué d'un épaississement en réseau irrégulier, que le bleu coton rend très net ; sur la sphère sont fixées de nombreuses spores globuleuses, de 0 mm. 004 à 0 mm. 006 de diamètre, dont la membrane, chagrinée, ne bleuit pas, ou bleuit difficilement, sous l'action du même réactif.

---

(1) Quelques échantillons ont bien été expédiés dans l'alcool ou dans une solution de formol; mais jamais il ne nous a été possible de bien examiner le mycélium sur les meules ainsi conservées. Le meilleur matériel d'études a toujours été la meule desséchée à l'air.

Il n'était pas, somme toute, très surprenant que ces appareils conidiens appartinssent au mycélium qui nous intéresse : le mycélium des *Œdocephalum* est d'aspect aranéeux comme celui de notre champignon, et il vit ordinairement sur des débris végétaux.

Nous sommes cependant persuadés aujourd'hui qu'il ne s'agit que d'une espèce étrangère, qui se forme parfois, mais très irrégulièrement, sur les meules laissées à l'air.

Nous ne croyons pas devoir nous arrêter davantage sur des formes *Penicillium* et *Aspergillus* qui apparaissent dans les mêmes conditions.

Nous ne pourrions rattacher avec certitude toutes ces formes à notre champignon que si nous les voyions prendre naissance dans des cultures pures provenant du mycélium ou des pelotes de cette espèce, mais nous avons toujours échoué dans nos essais de ces cultures. Nous avons ensemencé sur des milieux variés ce mycélium ou ces pelotes, prélevés sur des échantillons qui étaient envoyés de Madagascar en France dans des conditions diverses et avec toutes les précautions possibles, nous n'avons jamais obtenu un champignon qui fût sûrement celui des termitières.

Tout ce que nous pouvons dire se réduit à ceci : A Madagascar même, l'un de nous, plusieurs fois, a introduit dans des tubes, stérilisés avec soin par la chaleur, des fragments de meules pris dans les chambres les plus profondes des nids. Dans ces tubes, il ne s'est ordinairement formé sur les gâteaux aucune des moisissures qu'on observe sur les fragments laissés à l'air; le seul mycélium qui se soit développé — et qui a été plus vigoureux sur les meules fraîches que sur les meules préalablement bouillies dans l'eau — a été généralement la « forme envahissante », sur laquelle se sont différenciés les rhizomorphes et les sclérotes que nous avons déjà signalés et dont nous reparlerons plus loin.

S'il est des appareils conidiens spéciaux à cette forme envahissante, nous les ignorons actuellement.

Mais, tentons d'éclaircir un point beaucoup plus important : quelle est la forme parfaite du champignon que cultivent les termites?

Pour répondre à cette question, un premier moyen est évidemment d'explorer les alentours immédiats des nids de termites, afin de reconnaître les grands champignons, Basidiomycètes ou Ascomycètes, qui poussent dans ce voisinage. Et il y des chances d'autant plus grandes d'aboutir ainsi à la solution du problème que, ainsi que nous l'avons rappelé au commencement de ce mémoire, les formes parfaites admises jusqu'alors comme étant celles des champignons des fourmilières ou des termitières correspondent à des espèces de grande taille, puisque ce sont des Agaricinées, le *Rozites gongylophora* au Brésil, le *Pluteus Rajap* à Java, le *Volvaria eurhiza* à Ceylan.

A Madagascar, nous trouvons communément autour et à peu de distance des termitières, plusieurs de ces grandes espèces de champignons supérieurs.

C'est d'abord, parmi les Basidiomycètes, un Gastromycète du genre *Podaxon*. Par son port, ce *Podaxon* (fig. 4) rappelle le *Podaxon carcinomale* Fr. et le *Podaxon squamosum* Pat. Le pied, renflé brièvement à la base, peut avoir, jusqu'au péridium, 5 à 6 centimètres de longueur ; le péridium a 6 à 8 centimètres de hauteur sur 2 centimètres de largeur. A l'état frais, l'enveloppe péridiale est blanc-grisâtre, plus ou moins fortement écailleuse, et recouvre une glèbe verdâtre. Il y a un capillitium abondant, qui, à maturité et sec, est brun rougeâtre, non spiralé. Les basides sont jaunes ou jaune-brunâtre. Les spores, tronquées au sommet, ovoïdes, de 0mm012 environ de longueur sur 0mm009 de largeur, en moyenne, sont d'abord jaunes, mais ensuite d'un rouge acajou.

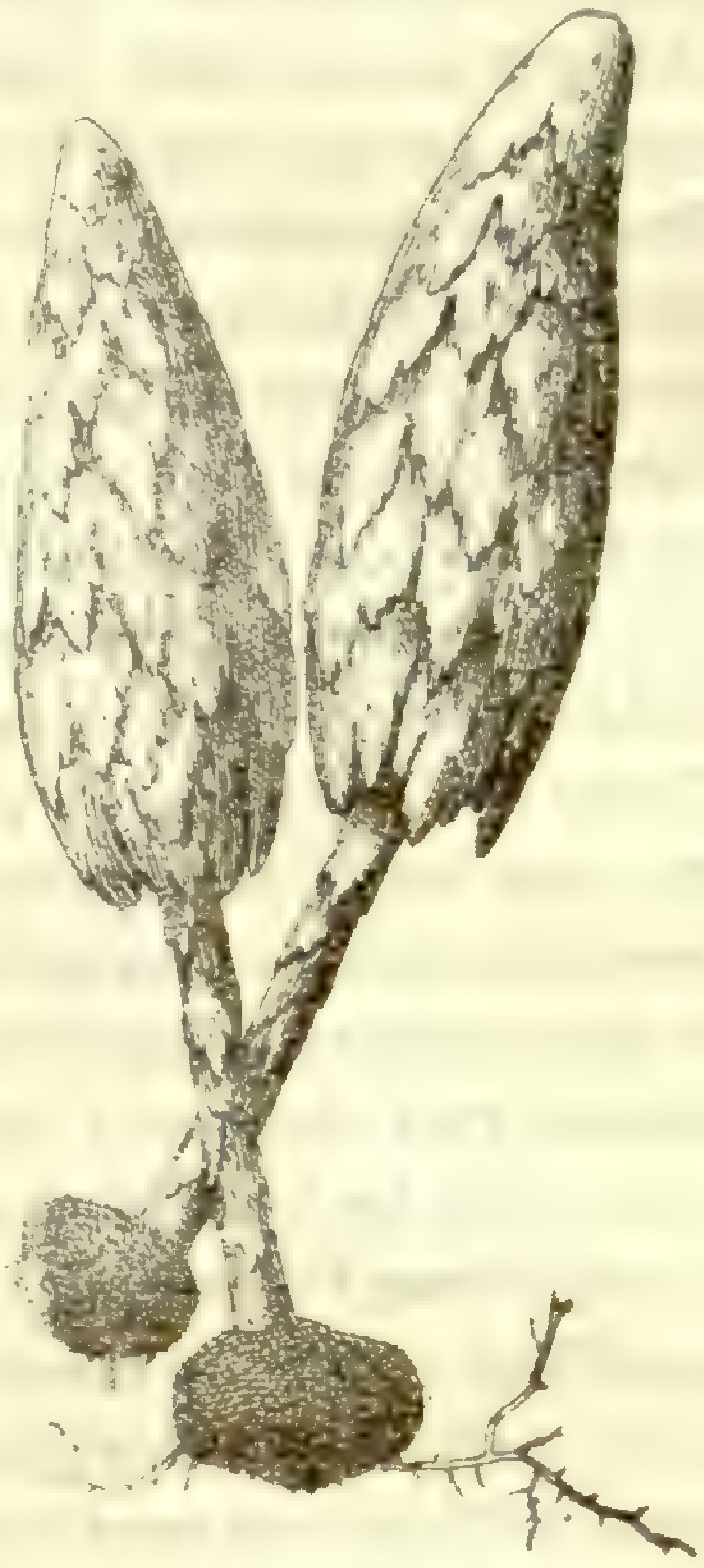


Fig. 4. — *Podaxon termitophilum*.

C'est surtout cette couleur des spores qui sépare nettement notre *Podaxon* des deux espèces citées plus haut ; sa forme générale n'est pas, d'autre part, celle des espèces à spores rouges dont nous connaissons la description. Nous l'appellerons le *Podaxon termitophilum*. Comme habitat, il offre la particularité de ne pas rechercher autant que les autres représentants du genre jusqu'alors signalés les terres sablonneuses ; il se plaît, au contraire, plutôt sur la latérite très compacte.

Il ne paraît jamais s'éloigner de plus d'un à deux mètres des termitières. Ce n'est pas le cas d'une Agaricinée qui parfois l'accompagne.

Cet autre champignon a un pied de 5 à 6 centimètres de hauteur et un chapeau de 5 à 6 centimètres de diamètre. Le pied, de 1 centimètre environ d'épaisseur, est muni d'un mince anneau ; le chapeau est lisse, marqué seulement de quelques pellicules grisâtres, et devient complètement plan et noir à maturité. Les feuillets, qui n'adhèrent pas au pied, sont d'abord roses, puis noirs ; les spores, par quatre sur les basides, sont brun foncé.

Tous ces caractères sont des caractères de *Psalliota*.

Mais déjà antérieurement, nous avons rapidement rejeté l'hypothèse que ce serait soit ce *Psalliota* soit le *Podaxon termitophilum* qui serait le champignon que nous recherchons.

Le *Psalliota* peut pousser, à l'occasion, assez loin des termitières, notamment près des bouses de vache. Il est, par là même, déjà peu probable qu'il ait quelque rapport avec le mycélium des meules.

Quant au *Podaxon*, ce qui nous fit tout de suite émettre un doute, c'est que l'un de nous remarqua qu'on peut le trouver près de termitières dans lesquelles n'y a aucune meule.

Nous répétons aujourd'hui ces mêmes remarques, mais en les appuyant d'un argument nouveau : *ce n'est pas, en réalité, au voisinage de toutes les termitières que poussent les deux champignons, mais plus spécialement auprès des termitières des collines*. Or, nous savons aujourd'hui — ce que nous ignorions lors de nos premières notes, mais ce qui, connu, devient une preuve décisive — que les nids de l'espèce collicole ne contiennent précisément pas de meules et que le champignon dont nous recherchons la forme parfaite n'est, par suite, pas cultivé dans ces nids.

Il nous faut donc tourner notre attention d'un autre côté, et exclusivement vers les termitières des forêts.

Nous avons commencé à indiquer, à la fin d'un précédent chapitre, que, dès que ces termitières sont abandonnées, le mycélium envahissant ne tarde pas à se parsemer de formations stromatiques noires, d'aspect variable.

Nos premières observations à ce sujet datent de janvier 1907. A cette époque, c'est-à-dire en saison pluvieuse, l'un de nous remarquait que, dans un nid que ses habitants avaient quitté, les meules des diverses chambres ne portaient plus de pelotes conidiennes, mais étaient recouvertes du mycélium « envahissant » que nous connaissons. Ce mycélium se continuait sur les parois des chambres, et c'est là qu'il présentait de gros sclérotes noirs (fig. 5), aciculaires ou en massue, dont quelques-uns, surtout parmi ceux de la forme aciculaire, avaient traversé la paroi du nid et pointaient au dehors.

Les sclérotes en massue avaient, par exemple, 4 centimètres de hauteur, avec une partie étroite de 2mm 1/2 à 3 millim. d'épaisseur et un renflement terminal de 8 millimètres de diamètre; d'autres avaient 2 centimètres de longueur, avec une partie étroite de 7 millim. d'épaisseur et un renflement terminal de 1 centim. de largeur. Les formes aciculaires pouvaient avoir 6 à 7 centimètres de longueur sur une épaisseur de 1 millimètre ; quelques-unes portaient de petites ramifications.

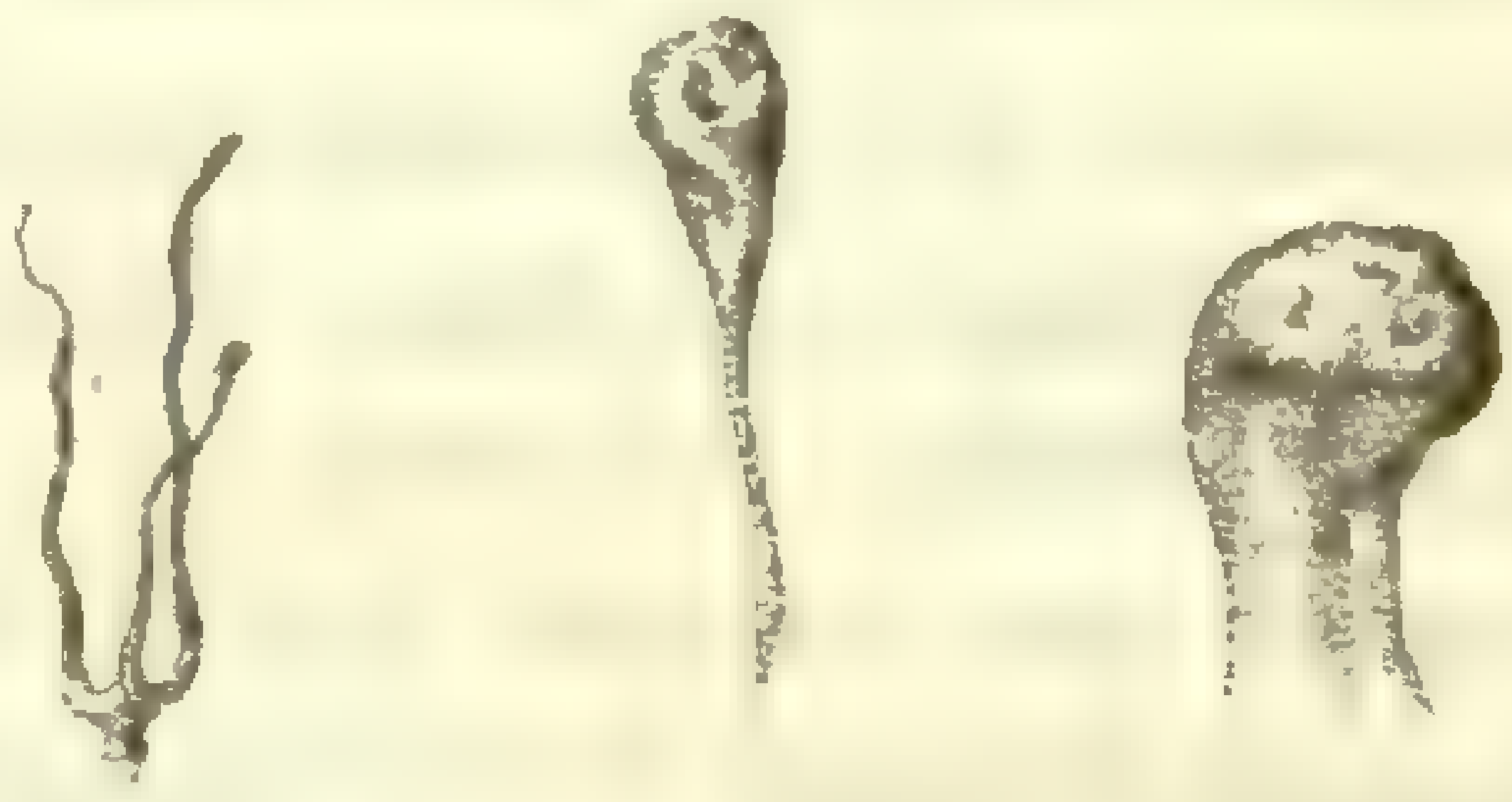


Fig. 5. – Sclérotes aciculaires ou en massue, formés sur les parois des chambres d'une termitière abandonnée.

Nous écrivions en juillet 1907 : « Tous ces sclérotes, coriaces, glabres, sans formations conidiennes, nous semblent les parties basilaires stériles de stromas à périthèces d'un *Xylaria*. L'extrémité arrondie de ceux qui sont en forme de massue présente toujours une ou plusieurs petites dépressions d'où partent de courtes ébauches de filaments grêles, simples ou brièvement ramifiés. Ce seraient, croyons-nous, ces filaments qui, mieux développés, devraient se terminer par la partie fertile ».

Nous allons voir, par la suite, que notre hypothèse était juste ; mais suivons l'ordre chronologique de nos observations et établissons tout d'abord que ces sclérotes appartiennent bien au champignon des termitières.

Première expérience. — Un fragment de meule, pris dans un nid habité, a été placé au fond d'un trou creusé en forêt dans la latérite. Ce trou a été recouvert d'un pot à fleurs ordinaire, sur lequel on a entassé de la terre et des débris végétaux. Quinze jours plus tard, la meule est envahie par un abondant mycélium avec lequel sont nettement continus de petits sclérotes grisâtres ou noirâtres, absolument semblables aux sclérotes précédents. Quelques-uns sont plus ou moins sphériques, avec amorces de filaments au sommet.

Seconde expérience. — Le dispositif est identique au précédent, mais l'expérience est faite en terrain découvert, relativement stérile et sec. Après un mois et demi, les meules ont noirci, et à leur surface sont encore des sclérotes, mais plus petits, plus globuleux (3 à 4 millimètres de diamètre) et à filaments plus grêles et plus allongés que dans le premier essai. Ces différences sont dues probablement aux différences de chaleur et d'humidité.

Une *troisième expérience*, dans les mêmes conditions, donne les mêmes résultats. En même temps, des formes identiques sont retrouvées dans une termitière abondonnée.

Quatrième expérience. Quoique ce soit la saison sèche (1er septembre 1907), un trou est creusé dans le sable humide d'une rivière ; des meules y sont déposées et sont recouvertes d'un vase qui a été flambé, et sur lequel est entassée une couche de sable de 50 centimètres. Le quinzième jour, le mycélium est abondamment ramifié dans l'intérieur du vase ; il s'est même étendu au dehors, et assez loin, dans le sable, sous forme de filaments épais, blancs et ramifiés. Au bord même du vase sont des sclérotes arrondis, parmi lesquels, il en est un qui se continue par un cordon rhizomorphe. Sur les meules, quelques moisissures adventices se montrent, mais elles sont plus ou moins recouvertes par le mycélium, plus épais, du champignon ordinaire, qui porte des sclérotes. Dans le vase, rhizomorphes et sclérotes sont beaucoup plus gros que dans le sable. Il est des rhizomorphes sans sclérotes arrondis, il en est d'autres qui forment, au contraire, de ces sclérotes, d'où repartent des cordons plus étroits, très ramifiés ; il y a aussi des sclérotes sans rhizomorphes.

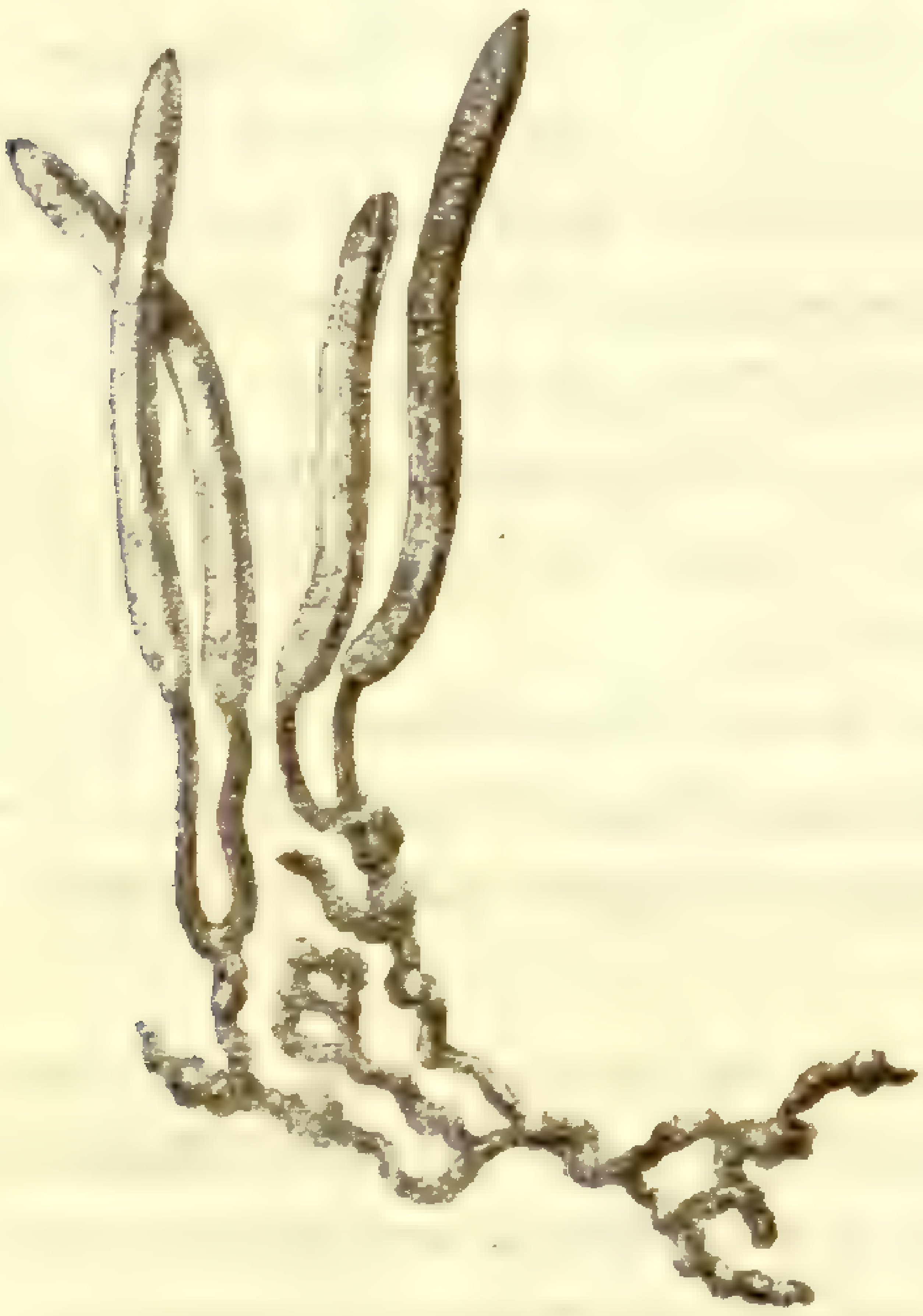


Fig. 6. — *Xylaria* poussant au voisinage d'une termitière.

Ainsi, invariablement, *dans toutes ces expériences, le mycélium a donné les mêmes sclérotes et rhizomorphes que ceux qu'on voit se former dans les termitières que leurs habitants viennent d'abandonner.*

Malheureusement, tous ces stomas sont stériles. Et, en décembre 1907, nous n'avions encore, comme confirmation de notre hypothèse sur la véritable nature du champignon, que la découverte faite par l'un de nous, au voisinage d'une termitière des forêts habitée, de la forme représentée figure 6.

Ce champignon est constitué par des cordons noirs, ramifiés, dont les dernières branches, cylindriques et dressées, sont à surface grisâtre, piquetée de nombreux petits points noirs. On pressent que ces points sont les ouvertures de petites cavités enfouies dans la masse du stroma ; et en effet, quoique ces cavités ovoïdes fussent toutes vides, il ne pouvait être douteux que c'était l'appareil à périthèces d'un Pyrénomycète, et appartenant à ce genre *Xylaria* que notre hypothèse nous faisait rechercher.

Mais il était bien certain aussi que, si la présence de ce Xylaria auprès des nids était une nouvelle indication, elle n'était rien de plus. Il faut constater mieux qu'une coïncidence pour apporter une preuve convaincante.

A la fin de 1907, une nouvelle observation devait nous satisfaire davantage. L'un de nous rencontrait une termitière qu'un déboisement récent avait fait délaisser par ses habitants ; et, certainement, l'abandon datait de très peu de temps, car quelques termites occupaient encore les chambres du milieu et du bas. Cependant, toute la surface du nid, aussi bien au sommet que sur les flancs, se garnissait déjà de petits stromas dressés, vaguement cylindriques.

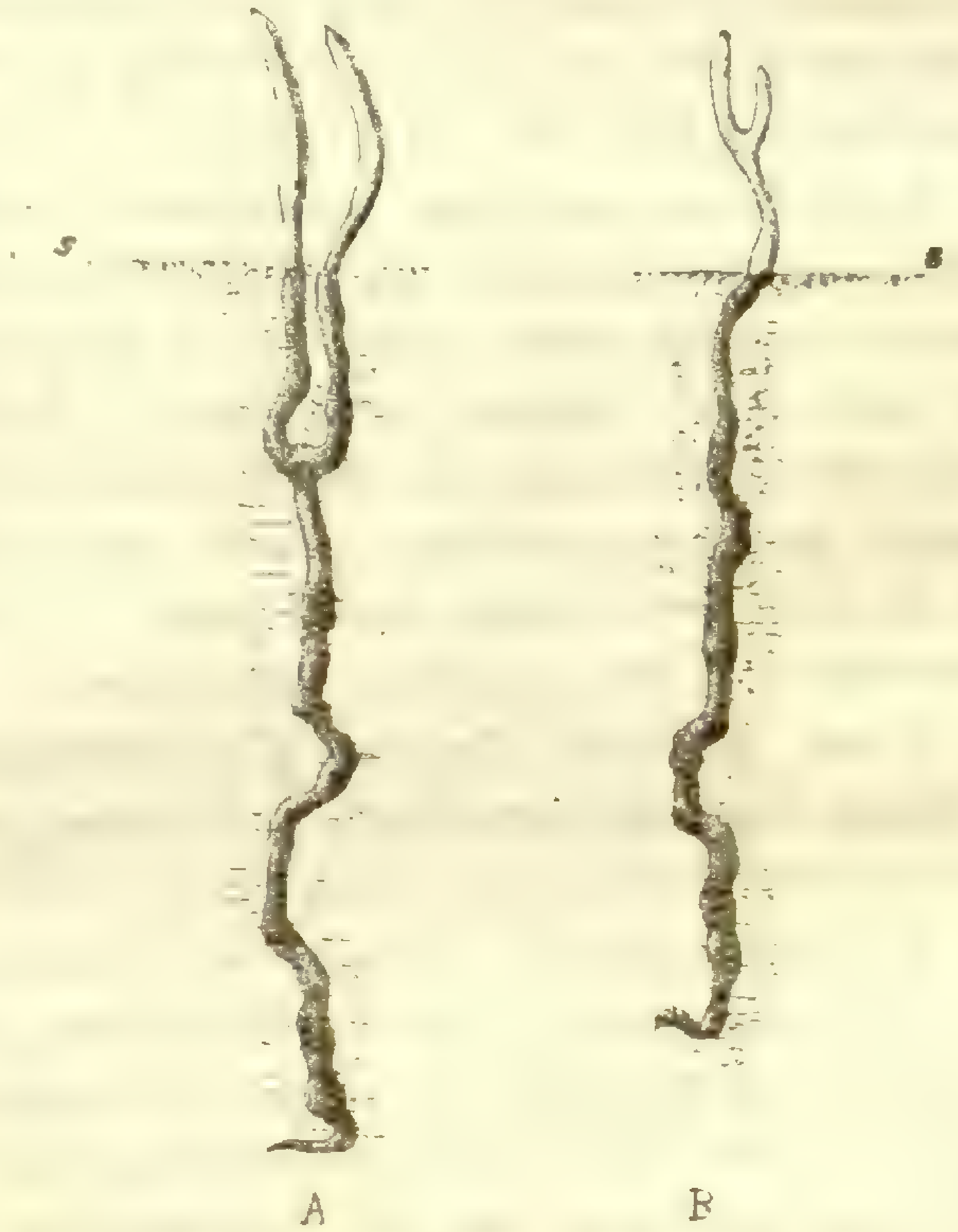


Fig. 7. — Stromas conidiophores, à la surface d'une termitière abandonnée ; s, surface de cette termitière.

La plupart de ces stromas (fig. 7 et 8) étaient simples ; quelques-uns seulement étaient bifurqués ou plusieurs fois divisés. Ils dépassaient la paroi du nid de 1 à 3 centimètres.

Chaque branche est brusquement conique au sommet ; l'axe principal ou unique est un peu rétréci dans la partie inférieure, qui n'a guère, frais, que 2 à 4 millimètres d'épaisseur, tandis que le tiers supérieur en a 4 à 6.

Au microscope, la base, qui est de couleur rose chair, est glabre ou très légèrement duveteuse ; le sommet, qui est de même couleur, est revêtu de nombreux filaments très courts, dont certains — de plus en plus nombreux à mesure qu'on s'éloigne de l'extrémité même — commencent à présenter une dilatation terminale qui indique qu'ils vont devenir les filaments fertiles qui garnissent toute la région médiane.

Cette région médiane, de couleur cendrée, est, en effet, une région conidiophore. Chaque filament libre de sa surface est devenu un appareil conidien, dont le pédicelle a de 0 mm. 030 à 0 mm. 060 environ de longueur, et 0 mm. 005 à 0 mm. 009 de largeur au-dessous de son renflement terminal. Celui-ci est couvert d'innombrables petites spores globuleuses incolores, pédicellées. L'ensemble de la tête à 0 ^{mm} 024 à 0 ^{mm} 030 de diamètre ; les conidies ont 0 ^{mm} 003 au plus.

Voilà donc que nous trouvons, et cette fois sur la termitière même, un champignon qui ressemble à celui que nous avons déjà rencontré sur la terre, au voisinage des nids. Nous ne le trouvons, il est vrai, pour l'instant, que sous sa forme conidienne, mais les branches terminales des deux exemplaires, ont tellement même aspect que nous pouvons penser qu'il s'agit de la même espèce. Et, si nous examinons maintenant la partie basilaire enterrée, la ressemblance va, en effet, s'accentuer.

Il est, du reste, d'autant plus nécessaire de suivre cette partie enfouie dans la termitière qu'il nous faut voir quel rapport à le *Xylaria* extérieur avec le mycélium interne.

En fait, le stroma aérien dressé se continue par un long rhizomorphe (fig. 8) noirâtre et comprimé, de 3 à 6 millimètres de largeur, qui traverse en ondulant la paroi générale du nid et les cloisons des chambres, pour aboutir à l'une de ces chambres. Sur toute sa longueur, ce rhizomorphe est recouvert d'un duvet aranéeux blanchâtre, peu épais. Dans la chambre où il se termine, il s'amincit brusquement, puis s'aplatit plus encore en un ruban qui est appliqué contre les murs, d'où il passe sur le mycélium de la meule. Le duvet aranéeux qui le revêt devient plus épais dans cette dernière partie de son trajet.

Ordinairement une chambre ne contient qu'un seul de ces rhizomorphes fertiles ; mais à côté, sur le mycélium, sont, en plus ou moins grand nombre, de petits sclérotes arrondis, d'où partent de minces cordons qui sont grisâtres à l'extrémité et rappellent les stromas aciculaires antérieurement signalés.

C'est donc bien le même mycélium que précédemment, à l'état « envahissant »; mais, en plus des premières formations (peut-être en voie de développement, mais plus probablement avortées), il a donné ici un rhizomorphe plus complet, dont l'extrémité aérienne est un stroma conidiophore.

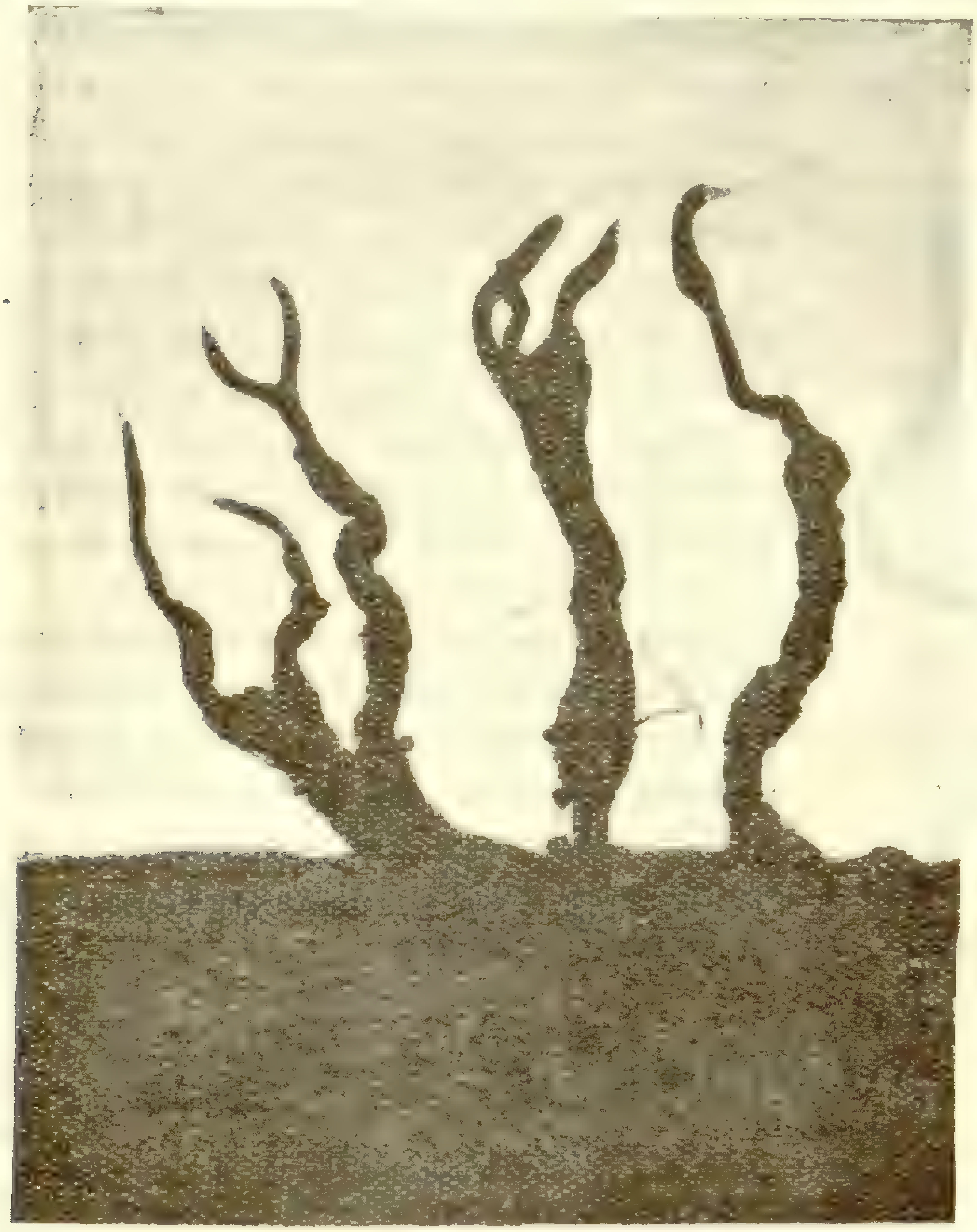


Fig. 8. — Photographie des stromas conidiophores précécents, extraits de la paroi de la termitière. Les parties noires et confuses des axes sont les parties (rhizomorphe) qui étaient enfouies dans la paroi du nid.

Ce n'est toutefois pas encore la vraie forme parfaite, puisqu'il n'y a pas de périthèces.

Cette forme si longtemps cherchée, nous devions la découvrir en janvier 1908, sur une autre termitière abandonnée.

Sur ce nid, pointaient de petits corps cylindriques, simples ou rameux, qui, par leur couleur et leur organisation, étaient les petits stromas conidiophores que nous venons de décrire. Mais ils étaient accompagnés de corps plus allongés (5 à 8 centimètres) et moins régulièrement cylindriques.

Ces autres stromas (fig. 9) sont simples, plutôt en forme de massue, avec une largeur maxima de 5 millimètres, à sommet obtus. Leur base, sur une longueur de 1 centim. 1/2 à 2 centimètres, est noire et glabre ; par contre, toute la partie située au-dessus est d'un blanc sale, marquée de nombreux petits points noirs. Ces petits points sont — comme chez le *Xylaria* trouvé près des termitières — les ouvertures de périthèces ovoïdes, qui ont de 0mm600 à 0mm 800 de longueur, sur 0mm 340 à 0mm 500 de largeur. Mais les parois de toutes ces périthèces sont ici garnies d'innombrables asques, entremêlés de quelques paraphyses plus courtes. Les ascospores sont noires, ovoïdes, de 0mm 006 environ de longueur sur 0mm 003 de largeur, un peu plus obtuses à une extrémité qu'à l'autre.

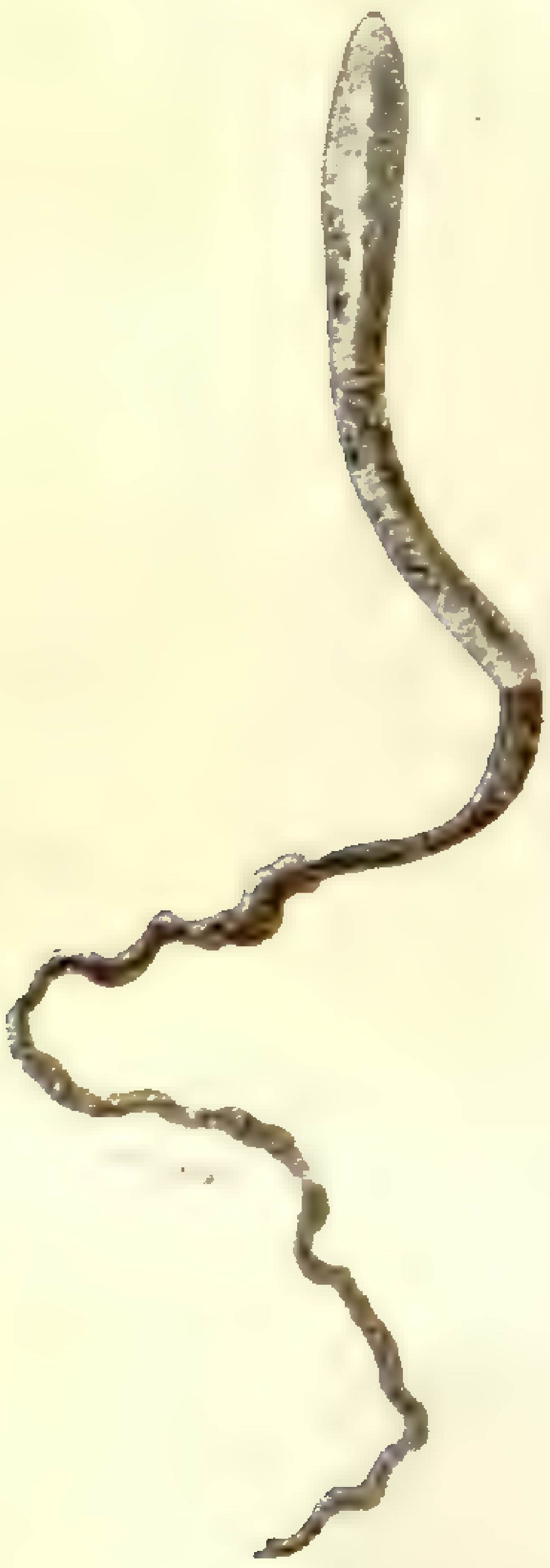


Fig. 9. — Stroma à périthèces du *Xylaria termitum.*

Tel est donc l'état dernier des stromas incomplets antérieurement observés ; et notre espèce est bien un *Xylaria*, que nous nommerons *Xylaria termitum*. Elle nous semble tout particulièrement caractérisée par ses filaments conidiens, dont la dilatation sphérique terminale porte de très nombreuses petites spores globuleuses.

A côté de cette forme à périthèces et de la forme conidienne il y avait d'ailleurs, sur la même termitière, des formations grêles dont la partie aérienne mesurait de 2 à 5 centimètres de longueur, et qui aboutissaient, dans les chambres, aux petits sclérotes globuleux que nous connaissons — tandis que les rhizomorphes des deux autres formes provenaient plutôt de l'intérieur de la meule. Que représentent ces stromas grêles ? Sans doute des stades très imparfaits des deux autres stromas ; et nous basons cette opinion sur le fait que nous les avons toujours vus apparaître surtout lorsque les conditions de végétation sont mauvaises. C'est ainsi que, lorsqu'on bouleverse une termitière sur laquelle toutes les formes ont déjà commencé à se différencier, ces stromas grêles sont, dans la suite, les seuls qui se maintiennent. Ce sont toujours aussi les seuls qui prennent naissance lorsque, dans le but de provoquer le développement du champignon, on place les meules hors des termitières, sous une couche de terre. En général, il semble que l'obscurité, l'aération et l'humidité soient plus nécessaires pour les stromas à périthèces et à conidies que pour ces stromas grêles.

Pour se procurer toutes ces formes, le bon moyen, et qui est très simple, est de supprimer pendant la saison sèche l'ombrage d'une termitière habitée. Nous avons vu que, dès que le nid est trop éclairé, les insectes, que la lumière semble gêner, l'abandonnent. A peine sont-ils partis que le mycélium devient « envahissant ». Les sclérotes et les rhizomorphes qui s'organisent ensuite restent stériles tant que dure la saison sèche ; mais, lorsque surviennent les premières pluies, ils s'allongent en une partie terminale fertile. L'extrémité périthéciale n'apparaîtrait toutefois que s'il reste un peu d'ombre ; en cas contraire, il n'y a que formation, au plus, des stromas conidiophores.

Conclusions et Résumé

M. Petch, à Ceylan, admet que le véritable champignon des termitières est une Agaricinée, le *Volvaria eurhiza* B. et Br., fréquent, à l'état parfait, aux environs des nids. Lorsqu'un « jardin » frais de termites, débarrassé de ces insectes, est placé sous une cloche de verre, les « sphères » conidiennes disparaissent, et elles sont bien remplacées par de petits groupes de filaments qui, en peu de temps, deviennent de grandes tiges dressées semblables aux stromas fertiles de *Xylaria*, mais ce *Xylaria* est, pour le botaniste anglais, un champignon étranger que les termites s'efforcent d' « extirper », sans d'ailleurs y parvenir complètement.

Comme MM. Holterman et Döflein, nous ne voyons pas bien ce que peut être ce procédé d'extirpation. Quant à la preuve que c'est le *Volvaria*, et cette Agaricinée seule, qui est le champignon cultivé, M. Petch ne la donne pas. Il dit seulement (d'après le compte-rendu de M. J. Desneux) que « la chose est des plus vraisemblables » ; il ajoute, d'autre part, que les stromas de *Xylaria* proviennent bien de l'intérieur de la substance du jardin et semblent en continuité avec le mycélium qui s'y trouve ; et il reconnait encore qu'il est impossible de distinguer les hyphes produisant ces *Xylaria* de ceux qui donnent les agarics.

Pour les termitières de Madagascar, rien vraiment ne nous autorise à dire que le champignon des meules soit une Agaricinée, puisque celui de nous qui a visité, dans tout le Boina, sur tous les terrains, à toutes les époques de l'année, un nombre considérable de nids de *Termes Perrieri* n'a jamais trouvé à leur surface aucun de ces Hyménomycètes. Au contraire, la présence du *Xylaria* est constante ; de même, c'est ce *Xylaria* qui se montre à peu près sans exception chaque fois que, pour provoquer le développement des formes parfaites, on dispose dans les conditions artificielles les plus variées les meules qui viennent d'être prises dans la termitière. Dans les nids abandonnés, le Pyrénomycète apparaît fréquemment comme le signale M. Petch pour l'Agaricinée ; et on constate jusque dans certains détails une concordance remarquable. M. Petch dit, par exemple, que souvent, pour un seul « jardin », il n'y a qu'un *Volvaria* (sous la forme *Pluteus*) qui se développe complètement ; tous les autres stromas avortent et restent à l'état de colonnes tomenteuses plus ou moins coniques, sans chapeau. Nous avons mentionné le même fait pour le *Xylaria* à Madagascar ; nous avons dit que, généralement, un seul rhizomorphe, dans une chambre, s'allonge jusqu'à devenir fertile ; il n'est accompagné que de sclérotes arrondis ou aciculaires.

Nous ne voyons donc pas pourquoi le *Xylaria termitum* ne serait pas le champignon que cultive le *Termes Perrieri*. La preuve absolue nous manque évidemment, mais comme elle manque à M. Petch pour le *Volvaria*. Il faudrait que, cultivant en milieu nutritif convenable et stérilisé le mycélium ras ou les spores des pelotes, on obtînt tout au moins les rhizomorphes. Il est inutile d'insister sur la difficulté de ces expériences, qui, pour ces champignons supérieurs, réussissent déjà si rarerement en France avec nos espèces indigènes, dans les laboratoires les mieux outillés ; à plus forte raison, ce mode de culture n'était-il pas possible dans les conditions où nos observations ont été faites. Au surplus, les botanistes qui, comme M. Möller, M. Holtermann, M. Petch, se sont, avant nous ou en même temps que nous, occupés en d'autres pays de la même question n'ont jamais pu que constater, eux aussi, la plus ou moins grande fréquence de voisinage et les rapports plus ou moins étroits de certaines formes parfaites et du mycélium des meules.

Nous avons peut-être même relevé, à propos de notre *Xylaria* et de ses rapports, un fait plus précis que tous ceux qui ont été signalés par ces autres auteurs ; nous voulons parler de notre observation relative à ces petits cordons noirâtres qui, vers la face inférieure des meules, dans les nids habités, continuent les aspérités du gâteau.

Ces cordons sont certainement, là, des prolongements du mycélium, qui est, à ce moment, le seul développé ; mais ne prouvent-ils pas que ce mycélium tend à former des rhizomorphes ? Il est alors plus que jamais vraisemblable que les rhizomorphes plus longs des termitières abandonnées proviennent du même mycélium.

Nous avons vu aussi que, en tube, les pelotes de ce mycélium donnaient la forme « envahissante » à laquelle nous ont toujours paru bien reliés ces cordons noirs, stériles ou fertiles. Ajoutons encore que, lorsqu'on met dans des tubes stérilisés les extrémités fertiles, à conidies ou à périthèces, c'est la « forme envahissante » qui apparaît.

Tout prouve décidément que ce serait le mycélium de *Xylaria* que les ouvriers — et les ouvriers seuls — de *Termes Perrieri* savent maintenir dans les termitières sous une forme rase, parsemée de pelotes conidiennes.

Les jeunes larves se nourriraient d'abord de ce mycélium, et aussi des spores des pelotes, que les ouvriers leur malaxeraient. Plus tard ces larves, plus âgées et plus fortes, consommeraient directement les spores, en laissant, semble-t-il, intacte — quoique nous ne puissions nous prononcer absolument sur ce point — la masse même de la pelote. Les très grosses larves et les adultes mangeraient, en même temps que le champignon qui leur serait tout à fait insuffisant, la substance de la meule, du moins dans sa partie jaune clair.

Car on peut, dans ces meules, distinguer trois régions de teintes différentes : une partie grise ou gris-noirâtre, dont les granulations sont bien visibles, mais où le mycélium est rare ; une partie jaune-clair, à granulations plus vagues, plus tendre que la précédente, et couverte du mycélium et de ses pelotes ; une portion noire, toujours attenante par un bord à la région grise, mais avec des granulations indistinctes, et couverte d'un mycélium abondant, mais sans pelotes ou à pelotes rares. Les parties grises seraient les parties jeunes et nouvellement formées ; les parties noires seraient, au contraire, les plus anciennes, mais seraient un coin de réserve pour le mycélium, qui s'étendrait de là sur les parties nouvelles. Les parties jaune clair seraient la portion qui, envahie depuis un certain temps déjà par le champignon, aurait été plus ou moins modifiée sous l'influence du mycélium et serait en l'état voulu pour entrer dans l'alimentation des adultes. Les granulations qui composent toute la meule auraient, d'ailleurs, déjà traversé le tube digestif des ouvriers, car c'est par ce passage dans le corps de l'insecte que les débris de bois rongés se seraient agglomérés en ces minuscules boulettes ; mais ce ne serait qu'une action ultérieure du champignon qui les rendrait vraiment consommables.

Telle est, du moins, l'idée que nous nous faisons du mode d'utilisation des meules, ainsi que du rôle du champignon, dans les nids du *Termes Perrieri ;* et nous avons exposé longuement, dans le cours de ce mémoire, les faits sur lesquels nous basons notre interprétation, avec la part d'hypothèses qu'elle comporte.

Nous répétons que toute cette étude est exclusivement celle des mœurs de l'espèce sylvicole des termites du Boina. Nous ne sommes pas sûrs actuellement que les autres termites, collicoles ou arboricoles, de la même contrée de Madagascar se livrent, dans leurs nids, à une culture analogue des champignons. Nous sommes même à peu près certains que l'espèce collicole du Boina n'est pas champignonniste, puisqu'il n'y a dans ses nids ni meules ni chambres pouvant les contenir. C'est pour certaines espèces arboricoles que nous devons être plus réservés, car il y a des meules dans les chambres centrales de leurs habitations ; le mycélium seul jusqu'alors nous a paru faire défaut. Mais nous avons dit que nos observations sur ces arboricoles sont peu nombreuses.

Ces différences — si elles sont réelles — dans les mœurs de diverses espèces d'un même genre, en une même région, sont d'autant plus curieuses que, en d'autres pays, comme à Ceylan et à Java, on retrouve chez d'autres représentants du même groupe les habitudes du *Termes Perrieri,* comme on les retrouve, ailleurs encore, chez des insectes qui, en classification, sont d'un tout autre ordre, les fourmis.

Chroniques et Nouvelles

M. H. **Lecomte** a été élu président de la Société botanique de France et M. F. **Guéguen**, président de la Société mycologique de France. M. **Gœbel** est président de la Société botanique d'Allemagne.

⁂

Les Botanistes qui désirent prendre part aux travaux du *Congrès international de Bruxelles* (14-22 mai 1910) sont priés d'envoyer leur adhésion avec un mandat de 15 fr au nom de M. Van der **Vaeren**, trésorier, à M. le D^r de **Wildeman**, secrétaire général du Congrès, Jardin Botanique, Bruxelles.

Lille. — Imp. LE BIGOT Frères. Le Gérant, Ch. Piétiers.

MODE DE PUBLICATION & CONDITIONS D'ABONNEMENT

La *REVUE GÉNÉRALE DE BOTANIQUE* paraît le 15 de chaque mois et chaque livraison est composée de 32 à 64 pages avec planches et figures dans le texte.

Le prix annuel (payable d'avance) est de :

20 fr. pour Paris, les Départements et l'Algérie.
22 fr. 50 pour l'Étranger.

Aucune livraison n'est vendue séparément.

Adresser les demandes d'abonnements, mandats, etc., à M. l'Administrateur de la LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT. 1, rue Dante. à Paris.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. Gaston BONNIER, professeur à la Sorbonne, 15, rue de l'Estrapade, Paris.

Il sera rendu compte dans les revues spéciales *des ouvrages, mémoires ou notes dont un exemplaire aura été adressé au Directeur de la* REVUE GÉNÉRALE DE BOTANIQUE. *De plus, l'ouvrage envoyé sera annoncé immédiatement sur la couverture.*

Les auteurs des travaux insérés dans la *Revue générale de Botanique* ont droit gratuitement à vingt-cinq exemplaires en tirage à part.

PRINCIPAUX COLLABORATEURS
DE LA
Revue générale de Botanique

AUBERT, docteur ès sciences.

BATTANDIER, professeur à l'École de médecine d'Alger.

BECQUEREL (Paul), docteur ès sciences.

BERNARD, maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Caen.

BLARINGHEM, docteur ès sciences.

BOERGESEN, docteur ès sciences de l'Université de Copenhague.

BONNIER (Gaston), membre de l'Académie des Sciences.

BORNET, membre de l'Académie des Sciences.

BOUDIER, président de la Société de Mycologie.

BOUTROUX, professeur à la Faculté des Sciences de Besançon.

BRIQUET, prof. à l'Université de Genève.

BRUNOTTE, chargé de cours à l'École de pharmacie de Nancy.

CHAUVEAUD, directeur-adjoint à l'École des Hautes-Études.

COSTANTIN, professeur au Muséum d'Histoire naturelle.

COUPIN, chef de travaux à la Sorbonne.

DANIEL, professeur à la Faculté des Sciences de Rennes.

DASSONVILLE, de l'Institut Pasteur.

DEVAUX, professeur à l'Université de Bordeaux.

DUBARD, maître de Conférences à la Sorbonne.

DUCAMP, docteur ès sciences.

DUFOUR, directeur-adj. du Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau.

ERIKSSON (Jakob), professeur à l'Académie royale d'Agriculture de Suède.

FINET, préparateur au Muséum.

FLAHAULT, professeur à l'Université de Montpellier.

FLOT, docteur ès sciences.

FOCKEU, profes. à l'Université de Lille.

Friedel (Jean), Conservateur des Collections botaniques de la Sorbonne.

Gain, prof.-adj. à l'Université de Nancy.

Gallaud, docteur ès sciences.

Gatin, docteur ès sciences, préparateur à la Sorbonne.

Giard, membre de l'Académie des Sciences.

Goldberg, docteur ès sciences de l'Université de Varsovie.

Grélot, professeur à l'École supérieure de pharmacie de Nancy.

Griffon, professeur à l'École supérieure d'Agriculture de Grignon.

Guignard, membre de l'Académie des Sciences.

Guilliermond, docteur ès sciences.

Heckel, prof. à l'Université de Marseille.

Henry, prof. à l'École forestière de Nancy.

Hérissey, chef de travaux à l'École supérieure de Pharmacie de Paris.

Hervier (l'abbé Joseph).

Hickel, inspecteur des fo[illegible]

Hochreutiner, docteur e[illegible]s, de l'Université de Genève

Houard, Lauréat de l'Inst[illegible]

Houlbert, docteur ès scie[illegible]

Hue (l'abbé), lauréat de l'Institut.

Hy (l'abbé), professeur [illegible] la Faculté catholique d'Angers

Jaccard, professeur au P[illegible]icum de Zurich.

Jacob de Cordemoy (H.), [illegible] cours à l'Université de Ma[illegible]

Janczewski (de), profess[illegible]iversité de Cracovie.

Jonkman, de l'Université [illegible]

Jumelle, professeur à la [illegible] des Sciences de Marseille

Kolderup-Rosenvinge, do[illegible]ences, de l'Université de [illegible]ue.

Kövessi, inspecteur de [illegible] de Hongrie.

Lagerheim (de), prof. à [illegible] de Stockholm.

Laurent, professeur à l'[illegible]decine de Reims.

Leclerc du Sablon, p[illegible] la Faculté des Sciences [illegible]

Lefèvre (J.), professeu[illegible] des Sciences du Hâvre

Lesage, maître de Con[illegible]iversité de Rennes.

Lothelier, docteur ès s[illegible]

Lubimenko, assistant au [illegible]ta, Crimée

Macmillan (Conway) pr[illegible] l'Université de Minnesota

Magnin, prof. à l'Univers. de Besançon.

Maige, professeur à l'École supérieure des Sciences d'Alger.

Matruchot, prof.-adjoint à la Sorbonne.

Mer, directeur de la Station forestière de l'Est.

Mesnard, professeur à l'École de médecine de Rouen.

Mirande, professeur à l'Université de Grenoble.

Molliard, Chargé de cours à la Sorbonne.

Palladine, prof. à l'Université de Saint-Pétersbourg.

Paulsen (O^{ve}), docteur ès sciences de l'Université de Copenhague.

Posternak, docteur ès sciences de l'Université de Zurich.

Poulsen, docteur ès sciences de l'Université de Copenhague.

Prillieux, membre de l'Académie des Sciences.

Prunet, prof. à l'Université de Toulouse.

Rabot (Charles), explorateur.

Ray, maître de conférences à l'Université de Lyon.

Richter (André), assistant à l'Université de Saint-Pétersbourg.

Ricôme, maître de Conférences à l'Université de Lille.

Russell (William), docteur ès sciences

Sabline, de l'Université de Saint-Pétersbourg.

Seignette, docteur ès sciences.

Smirnoff, de l'Université de St-Pétersbourg.

Téodoresco, docteur ès sciences, professeur à l'Université de Bucharest.

Thouvenin, professeur à l'École de médecine de Besançon

Trabut, prof. à l'École de médec. d'Alger.

Tswett, de l'Université de Varsovie.

Vallot (J.), directeur de l'Observatoire du Mont-Blanc.

Van Tieghem, membre de l'Académie des Sciences.

Viala, prof. à l'Institut agronomique.

Viguier, docteur ès sciences, préparateur au Museum d'Histoire naturelle.

Vries (Hugo de), professeur à l'Université d'Amsterdam

Vuillemin, professeur à la Faculté de médecine de Nancy.

Warming, prof. à l'Univ. de Copenhague.

Zeiller, membre de l'Académie des Sciences.

Lille. — Imp. Le Big[illegible]

Le Gérant, Ch. Piéters.

REVUE GÉNÉRALE
DE
BOTANIQUE

DIRIGÉE PAR

M. Gaston BONNIER

MEMBRE DE L'INSTITUT,
PROFESSEUR DE BOTANIQUE A LA SORBONNE

TOME VINGT-DEUXIÈME

Livraison du 15 Février 1910

N° 254

*Entered at the New-York Post Office
as Second Class matter.*

PARIS
LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT
1, RUE DANTE, 1
1910

LIVRAISON DU 15 FÉVRIER 1910

Pages

I. — SUR UN CAS DE PARTHÉNOGÉNÈSE DU FIGUIER DE SMYRNE, par **M. Leclerc du Sablon** . . 65

II. — ÉTUDE SUR QUELQUES ALTÉRATIONS DES PRUNEAUX, par **MM. Stoykowitch** et **Brocq-Rousseu** 70

III. — LA VÉGÉTATION DE LA PARTIE INFÉRIEURE DU BASSIN DE LA MAUDRE (avec planche et figure dans le texte), par **M. Henri Humbert** *(fin)* . 80

IV. — LES VARIATIONS DANS LE RÈGNE VÉGÉTAL ET LES CONDITIONS EXTÉRIEURES. (Analyse des travaux de G. Klebs, avec figures dans le texte), par **M. G. Seliber** *(fin)*. 95

V. — CHRONIQUES ET NOUVELLES 112

PLANCHE CONTENUE DANS CETTE LIVRAISON

Planche 1. — *Végétation de la partie inférieure du Bassin de la Maudre.*

Cette livraison renferme deux figures dans le texte.

Pour le mode de publication et les conditions d'abonnement voir à la troisième page de la couverture.

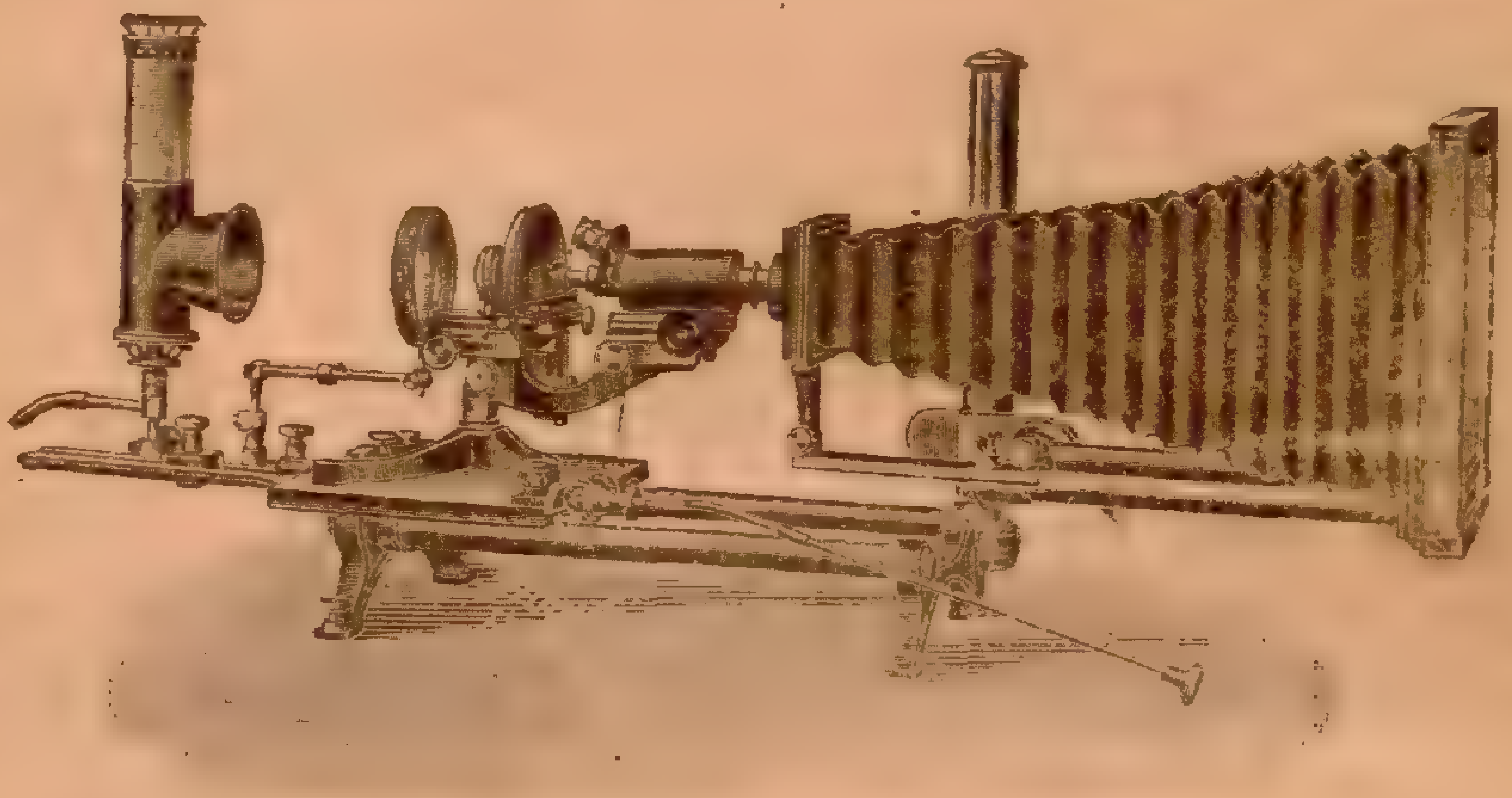
Pour tout ce qui concerne les Annonces, s'adresser à Monsieur l'Administrateur de la Librairie générale de l'Enseignement, 1, rue Dante, Paris (Ve).

E. LEITZ, WETZLAR

Berlin, Francfort-s/-M., St-Pétersbourg, Londres, New-York, Chicago.

Dépositaires à Paris

MM. E. COGIT & Cie, 36, boulevard St-Michel



MICROSCOPES pour travaux Scientifiques et Techniques.

MICROTOMES. — Appareils microphotographiques et de projection. — **Objectifs** photographiques, Jumelles à prismes.

Catalogues spéciaux. — Envoi sur demande gratis et franco.

SOCIÉTÉ

LUMIÈRE & SES FILS

LYON-MONPLAISIR

FABRIQUE DE

PLAQUES PELLICULES PAPIERS
PRODUITS PHOTOGRAPHIQUES

PHOTOGRAPHIE directe des COULEURS

PAR LES

"PLAQUES AUTOCHROMES"

(*Procédé Auguste et Louis LUMIÈRE, breveté dans tous les Pays*)

EN VENTE PARTOUT

Les Fils d'Émile DEYROLLE, Naturalistes
PARIS · 46, rue du Bac, 46 · PARI
TÉLÉPHONE 729-27
Usine à Vapeur : 9, rue Chanez, PARIS-AUTEUIL

Sciences Naturelles
ZOOLOGIE — BOTANIQUE — GÉOLOGIE — MINÉRALOG
TECHNOLOGIE

Instruments pour la Recherche des objets
d'Histoire naturelle et leur classement en collection

BOCAUX - BOITES A BOTANIQUE - CARTONS A HERBIER - CUVES
DÉPLANTOIRS - LOUPES - PAPIER BOTANIQUE

Pièces d'Anatomie végétale, d'Anatomie humaine et compar

Cabinets et Collections d'Histoire naturelle

Collections générales et spéciales — Physiologie - Technologie

Micrographie — Projection
Appareils — Préparations microscopiques
Microphotographies sur verre pour projections

CATALOGUES EN DISTRIBUTION
Les Catalogues concernant les Spécialités suivantes sont adressés **Gratis et Franco**

Cabinets de Physique, de Chimie et Instruments de précision.
Projections pour l'enseignement, lanternes de projections, etc.
Enseignement technique, Collections et **Matériel.**
Pièces d'anatomie humaine comparée et **botanique** en staff et cire.
Mammifères. Oiseaux, Reptiles et **Poissons,** prix à la pièce.
Squelettes montés, prix à la pièce.
Insectes européens et **exotiques,** prix à la pièce.
Coquilles, prix à la pièce.
Animaux invertébrés en alcool, prix à la pièce.
Fossiles et **Minéraux**, prix à la pièce.
Cabinets et **Collections d'histoire natu** pour les enseignements primair daire et supérieur.
Livres d'histoire naturelle.
Instruments pour l'étude des sc naturelles.
Microscopes, Microtomes.
Préparations microscopiques, instru pour la **Micrographie.**
Meubles pour le rangement des colle
Tableaux d'histoire naturelle, colle toile avec bâton haut et bas. mes 1m40 × 0m90, destinés à l'enseign secondaire et supérieur.
Mobilier et Matériel d'enseignement les écoles enfantines, primaires, ly collèges, facultés, etc.
Musée scolaire pour leçons de choses.

Appareils & Produits Chimiques pour Bactériologie

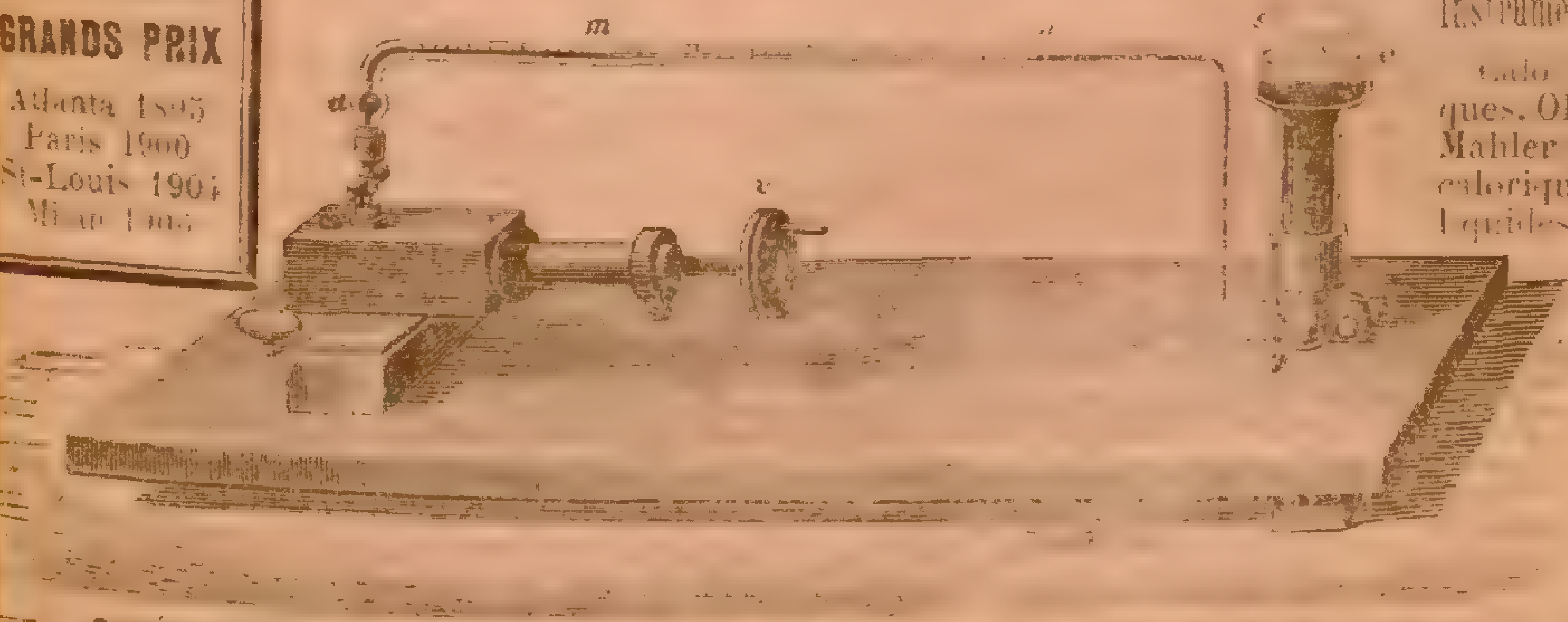
MICROGRAPHIE — PHOTOGRAPHIE — MICROPHOTOGRAPHIE
RÉACTIFS — MATIÈRES COLORANTES PURES
PRODUITS PURS POUR ANALYSES — VERRERIE SOUFFLÉE & GRADUÉE

CONSTRUCTION D'INSTRUMENTS de PRÉCISION
destinés aux Arts, aux Sciences et à l'Industrie
Ancienne Maison SALLERON-DEMICHEL

Les Établissements POULENC Frères
122, Boulevard Saint-Germain.— PARIS

Fournisseurs de la Faculté des Sciences de Paris, du Muséum d'Histoire Naturelle, de l'Institut Pasteur, etc., etc.

L. GOLAZ, Constructeur, 23, Avenue du Parc de Montsouris, **PARIS** (14e)



GRANDS PRIX
Atlanta 1895
Paris 1900
St-Louis 1904
Milan 1906

Instruments pr la Physique et la Chimie

Calorimètres. Bombes calorimétriques. Obus calorimétriques de M. R Mahler pour l'estimation du pouvoir calorique des combustibles solides, liquides et gazeux.

Appareil de MM. Bonnier et Mangin, pour l'analyse des Gaz.

Cet appareil est construit spécialement pour les laboratoires de botanique.

Trompes et Rampes à Vide
Pompes pour pression

Grisoumètre. Cryoscope

SPÉCIALITE D'APPAREILS ENREGISTREURS POUR L'ESSAI DES EXPLOSIFS

C. FONTAINE

18, rue Monsieur-le-Prince
— PARIS —

CHIMIE

Bactériologie
Micrographie

Fournitures diverses
pour Laboratoires

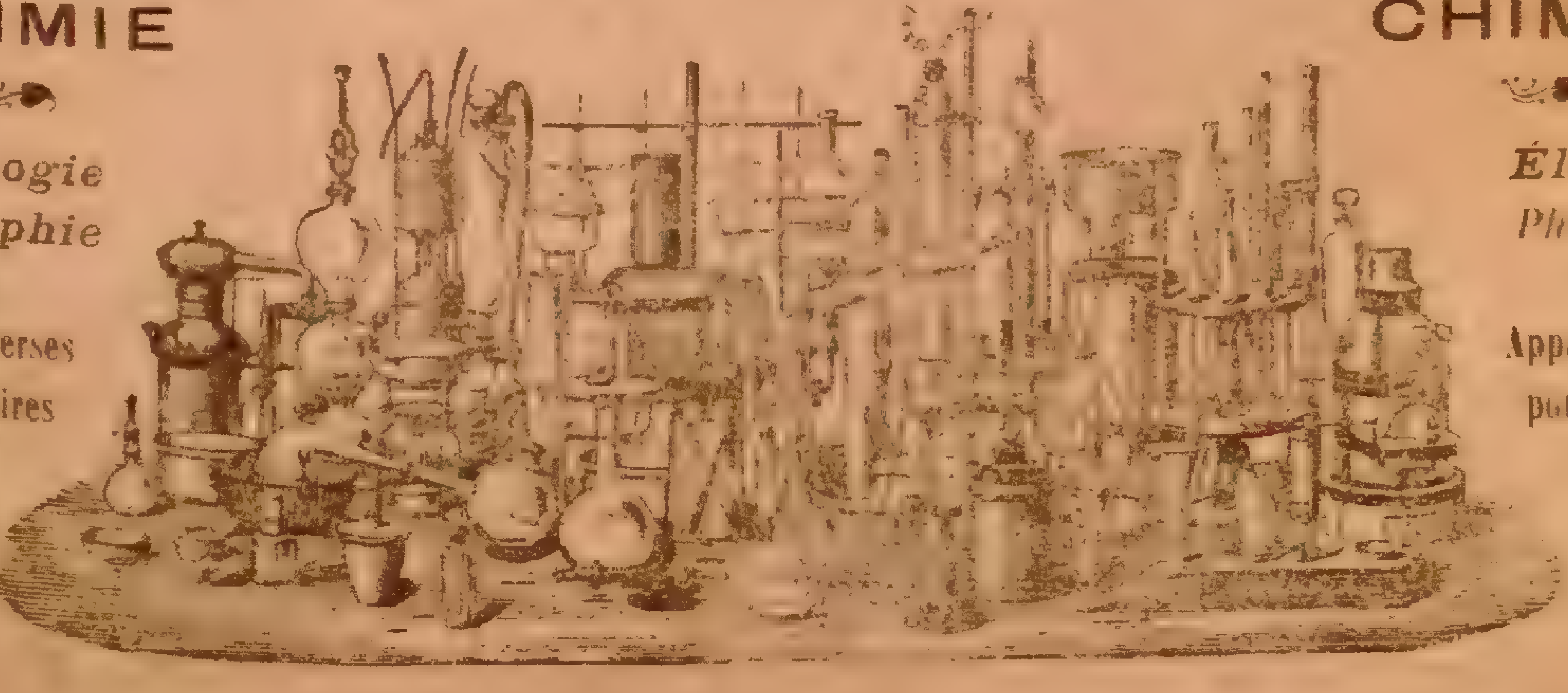
VERRERIES
ET
APPAREILS

CHIMIE

Électricité
Photographie

Appareils divers
pour Cabinets

PRODUITS
CHIMIQUES



VIENT DE PARAITRE

FLORE DE FRANC

ou description des Plantes
qui croissent spontanément en France, en Corse
et en Alsace-Lorraine

PAR

G. ROUY

TOME XI. — *(Scrofulariacées à Labiées)*

En vente chez les Fils d'EMILE DEYROLLE, 46, rue du Bac, PARIS. — Prix : 8 fr

MICROGRAPHIE - BACTÉRIOLOGIE

E. COGIT & Cie
36, Bd St Michel
PARIS

Constructeurs
d'instruments
et d'Appareils
pour les Sciences

Dépôt pr la FRANCE
DES MICROSCOPES
de E. LEITZ

MODÈLES SPÉCIAUX POUR LA BACTÉRIOLOGIE
Microscope binoculaire

Microtomes MINOT et Microtomes de toutes marques
Produits chimiques et Colorants spéciaux
pour la MICROGRAPHIE et la BACTÉRIOLOGIE

Dépôt des Produits de GRÜBLER & Cie, de Leipzig
Étuves à Culture, Autoclaves, Installations complètes
de Laboratoires, Milieux de Culture stérilisés

Nouvel Appareil Microphotographique COGIT

Préparations microscopiq

DANS TOUTES LES BRANCHE
DE L'HISTOIRE NATURELLE
MÉDAILLE D'OR A L'EXPOSITION UNIVERSELLE D

Embryologie. — Anatomie nor
et pathologique. — Zoologie géné
— Sédiments urinaires. — Bactéri
Physiologie et Anatomie végét
Textiles et papiers. — Champig
parasites. — Ferments. — Mouss
Lichens. — Algues. — Diatomée
Matières alimentaires et falsifica
— Pharmacie. — Minéralogie. — O
préparés non montés en séries. —
lections spéciales pour les Lycées,
lèges et Ecoles normales, etc.

J. TEMPÈRE
Préparateur-Micrographe
à Gretz-sur-Loing (S.-M

☞ Envoi du Catalogue général franco sur dem

LILLE. — LE BIGOT FRÈRES

Le Gérant, Ch. Pieters

SUR

UN CAS DE PARTHÉNOGÉNÈSE

DU FIGUIER DE SMYRNE

par M. LECLERC DU SABLON

On désigne sous le nom de Figuiers de Smyrne un certain nombre de variétés du *Ficus Carica* qui ont pour caractère commun de n'amener leurs figues à maturité que si les fleurs femelles ont été fécondées. On sait d'ailleurs que les Figuiers de Smyrne ne portent jamais d'étamines. Le pollen qui produit la fécondation est apporté dans la figue par un Hyménoptère, le *Blastophaga grossorum*, qui se développe dans les pistils stériles d'autres variétés qui sont les Figuiers mâles ou Caprifiguiers. Les figues d'été du Figuier mâle renferment à la fois des fleurs femelles,dont le pistil stérile renferme la larve du Blastophage, et des fleurs mâles. Le Blastophage, arrivé à l'état adulte, se couvre de pollen au contact des étamines puis sort de la figue; il entre ensuite dans une figue de Smyrne et pollinise les stigmates. C'est alors seulement que la figue de Smyrne peut poursuivre son développement et mûrir; faute de pollinisation, elle se flétrit et tombe prématurément. Les figues de Smyrne mûres renferment donc toujours des graines fertiles.

La production des figues de Smyrne, telle qu'on la conçoit maintenant, suppose donc l'existence : 1° de Figuiers mâles qui produisent le pollen; 2° de Blastophages qui transportent le pollen dans les figues de Smyrne. La nécessité de ces deux facteurs a été mise en évidence lors de l'introduction des Figuiers de Smyrne en Californie où il n'existait ni Figuiers mâles ni Blastophages. Aussi les premiers Figuiers de Smyrne plantés furent-ils constamment stériles jusqu'en 1900. A cette époque, des Blastophages envoyés d'Alger dans des figues mâles purent s'acclimater en Californie, grâce à des Caprifiguiers qui y avaient été plantés. Depuis lors, la pollinisation des figues de Smyrne se produit régulièrement et on obtient d'abondantes récoltes de figues renfermant des graines fertiles.

En 1904, M. Trabut voulut bien m'envoyer d'Alger des boutures de Figuier de Smyrne d'une authenticité incontestable. J'en plantai quelques-unes à Toulouse, dans le jardin même de la Faculté afin d'en pouvoir mieux surveiller le développement qui fut rapide. En juillet 1907, je vis apparaître quelques jeunes figues qui, dès la fin du mois, commencèrent à tomber. La chose était conforme à mes prévisions et me parut normale. Mais, après les vacances, au mois d'octobre, il restait encore une figue qui paraissait presque mûre; je l'examinai et vis qu'un certain nombre des petites drupes renfermées dans le réceptacle contenaient des graines avec un embryon et un albumen.

L'année suivante, en 1908, les figues apparues en juillet furent plus nombreuses. Comme l'année précédente, les premières venues tombèrent à peine arrivées à la moitié de leur développement total. Mais quelques-unes des plus tardives restèrent sur l'arbre, continuèrent à grossir et, au mois d'octobre, c'étaient de très belles figues comestibles conformes aux descriptions que l'on donne des figues de Smyrne (notamment dans l'ouvrage de G. Eisen). Un certain nombre de graines recueillies dans ces figues et semées au mois de mars suivant ont donné des plantules dont je compte suivre le développement. En 1909, des figues mûres ont été produites dans les mêmes conditions, mais en moins grand nombre.

Comment expliquer ce fait alors qu'il n'y a à Toulouse ni figue mâle ni Blastophage ? L'absence du Blastophage qui, comme on le sait, est le seul agent connu de la pollinisation du Figuier, est mise en évidence par le fait suivant. J'ai planté quelques Caprifiguiers qui ont prospéré et produit quelques figues d'été. Mais dans tous les cas ces figues sont tombées avant leur maturité, et l'on sait que cette chûte précoce est en rapport avec l'absence de Blastophage. Je les ai d'ailleurs examinées; elles ne renfermaient ni pistil transformé en galle ni fleurs mâles complètement développées et ayant produit du pollen. L'absence de galles dans ces figues semble bien démontrer l'absence de Blastophage dans la région; car on sait que ces insectes recherchent avidement les figues mâles, tandis qu'ils n'entrent qu'à regret dans les figues de Smyrne. On se demande d'ailleurs d'où seraient venus les Blastophages puisqu'il n'y avait point de figues d'hiver qui, seules, leur permettent de subsister d'un été à l'autre.

La pollinisation, et par conséquent la fécondation, me paraissent donc impossibles. La seule explication qui se présente est qu'il y a eu parthénogenèse. Voyons les faits connus qui militent en faveur de cette hypothèse.

Il y a déjà longtemps que Gasparrini avait émis l'idée que les embryons renfermés dans les graines de Figuiers pouvaient être formés sans fécondation. Mais ses expériences, faites à une époque où on ignorait le rôle des Blastophages, manquaient de précision et de Solms-Laubach qui essaya plus tard de les vérifier en mit en doute les conclusions.

Cunningham (1) a étudié à Calcutta la reproduction du *Ficus Roxburghii*. Il a constaté que chaque figue contenait plusieurs milliers de graines fertiles bien que n'ayant été visité que par un ou deux Blastophages. Il lui a paru invraisemblable que des insectes aussi peu nombreux et porteurs chacun d'une quantité de pollen forcément limitée puissent assurer la pollinisation d'un nombre aussi considérable de pistils. Il en a conclu qu'il y avait parthénogénèse, et cela, bien qu'il ait constaté à l'intérieur de la figue des grains de pollen germant. Cunningham pense que le Blastophage est nécessaire au développement des embryons, non pas comme agent pollinisateur, la pollinisation n'ayant pas lieu, mais comme agent excitateur. La transformation de l'ovule ou graine serait déterminée simplement par l'action mécanique de l'insecte qui s'agite à l'intérieur du réceptacle en cherchant à pondre ses œufs ou à s'échapper.

Treub (2) a cherché à vérifier l'hypothèse de Cunningham en étudiant le *Ficus hirta* indigène à Java. Comme pour le *Ficus Roxburghii*, les graines se développent à la suite de la visite d'un Blastophage. Pour décider s'il y avait ou non fécondation, Treub a coupé en tranches minces et examiné tous les pistils d'un même réceptacle à un état du développement tel que, si la fécondation avait lieu, on devait voir des tubes polliniques. Or, s'il a aperçu quelques grains de pollen commençant à germer, dans aucun cas il n'a vu de tube pollinique arrivant jusqu'au sac embryonnaire. Il en a conclu qu'il n'y avait pas fécondation mais parthénogenèse.

L'étude du sac embryonnaire et des premiers états de l'embryon vient d'ailleurs corroborer la manière de voir de Cunningham et de Treub. Dans le *Ficus Roxburghii*, Cunningham a remarqué que l'appareil femelle était incomplet et que le sac embryonnaire ne renfermait en général ni oosphère ni synergides. L'embryon se développerait aux dépens d'une cellule du nucelle faisant saillie dans le sac embryonnaire. L'appareil femelle du *Ficus hirta* étudié par Treub est plus complet ; on y voit en général une oosphère ainsi que des synergides, des antipodes et un noyau secondaire, mais l'ensemble n'a pas donné à l'auteur l'impression d'un appareil sexuel normal et bien conformé. L'embryon se développe cependant aux dépens de l'osphère, mais sans l'intervention du tube pollinique.

Dans un travail précédent (3), relatif au Caprifiguier, j'ai montré que, dans les fleurs galles où une larve de Blastophage se développe à la place de l'embryon, l'albumen se forme et joue, par rapport à la larve, le rôle nourricier que, dans les fleurs femelles ordinaires, il remplit par rapport à l'embryon. Cependant, il n'y a pas eu pollinisation, car, au moins dans le cas des figues d'été, les Insectes qui sont venus pondre leurs œufs dans les ovules ne portaient pas de pollen.

On sait, d'autre part, que, dans le cas du développement normal des graines, l'albumen comme l'embryon se développe à la suite d'une fécondation. Un anthérozoïde se fusionne avec le noyau secondaire et donne l'œuf qui est le point de départ de l'albumen ; de même qu'un autre anthérozoïde se fusionne avec l'osphère pour produire l'œuf qui donnera l'embryon. L'albumen du Caprifiguier est donc un albumen parthénogénétique. C'est là un cas de parthénogenèse démontré, mais c'est un cas un peu spécial, attendu qu'il ne s'agit pas d'un embryon proprement dit, mais d'un albumen.

D'ailleurs, l'excitation produite par la visite d'un Blastophage dans un jeune réceptacle de Caprifiguier entraine tous les effets de la pollinisation sauf le développement de l'embryon lequel ne peut exister, par suite de la castration parasitaire causée par la présence de la larve dans le nucelle même. Non seulement l'albumen se forme, mais les parois du pistil s'accroissent et le réceptacle grossit et prend l'aspect d'une figue adulte.

Ces divers exemples montrent que le développement parthénogénétique de l'embryon du Figuier de Smyrne ne doit pas être considéré comme un cas isolé. On pourrait même se demander pourquoi la parthénogénèse, ayant lieu dans certains cas, ne se produit pas toujours. J'ai fait remarquer, en effet, que les premières figues produites par les Figuiers de Smyrne que j'ai observés tombent de bonne heure ; quelques-unes seulement, parmi les plus tardives, persistent et produisent des graines mûres. Pour expliquer ces différences, il faut admettre que l'excitation qui a déterminé la parthénogénèse ne s'est produite que sur les figues les plus tardives. Mais quelle est la nature de cette excitation ? Il est possible que ce soit la visite d'un insecte autre que le Blastophage, mais je n'ai pu m'en assurer.

Dans le cas des Figuiers de Smyrne cultivés à Toulouse, la parthénogénèse me paraît démontrée par l'impossibilité d'expliquer autrement la formation de l'embryon. Mais on sait que ce genre de démonstration indirecte laisse toujours subsister quelque incertitude. Il serait préférable de donner des preuves directes en montrant la nature de l'excitation qui a remplacé la fécondation.

Dans quelle mesure ce cas de parthénogénèse chez le Figuier de Smyrne doit-il modifier les idées reçues au sujet de la reproduction de cet arbre et de la caprification ? Dans tous les pays où l'on récolte des figues de Smyrne, l'expérience montre que la visite du Blastophage est indispensable ; mais, on peut se demander si l'Insecte agit en apportant du pollen ou simplement comme agent excitateur.Pour répondre à cette question, il faudrait refaire pour le *Ficus Carica* le travail fait par Treub sur le *Ficus hirta* et voir si les tubes polliniques arrivent réellement jusqu'au sac embryonnaire. On voit les difficultés pratiques d'une pareille vérification. On ne pourrait d'ailleurs obtenir avec certitude des Figues de Smyrne, sans le secours du Blastophage et du Caprifiguier, qui si l'on connaissait et pouvait reproduire à volonté la cause qui a provoqué la parthénogénèse dans le cas que je viens de décrire.

BIBLIOGRAPHIE

1. — Cunningham. On the phenomena of fertilisation in *Ficus Roxburghii* (*Ann. Royal Bot. Garden Calcutta*, vol. 1).
2. — Treub. L'organe femelle et l'embryogénèse dans la *Fiscus hirta* (*Ann. Jardin Bot. de Buitenzorg*, vol. 18).
3. — Leclerc du Sablon. Structure et développement de l'albumen du Caprifiguier. (*Rev. gén. de Bot.*, t. 20).

ÉTUDE SUR QUELQUES ALTÉRATIONS DES PRUNEAUX

par MM. STOYKOWITCH et BROCQ-ROUSSEU

L'opération industrielle qui consiste à dessécher les prunes arrivées à maturité afin de les conserver sous forme de pruneaux, s'opère, dans les pays producteurs, de différentes façons et d'une manière plus ou moins parfaite.

La dessiccation des prunes dans les fours, les étuves ou les évaporateurs a pour but :

1° D'éliminer une grande proportion d'eau.

2° De détruire, si c'est possible, les organismes animaux ou végétaux dont la présence serait une cause d'altération des pruneaux.

Nous n'examinerons pas, dans cette étude, les différents modes de fabrication, ni les critiques à adresser aux procédés opératoires employés. Ce travail sera fait prochainement par l'un de nous avec tous les développements que comporte une question aussi importante au point de vue industriel.

Nous rappellerons simplement que les trois centres les plus importants de production des pruneaux sont :

1° La France (Agen, Tours);

2° Les Etats-Unis;

3° Les Etats Balkaniques (Serbie, Bosnie, Herzégovine).

L'étude approfondie des différentes variétés nous a permis de conclure que la fabrication qui laisse le plus à désirer est celle des États Balkaniques.

Nous avons pris ces pruneaux comme types pour étudier un certain nombre d'altérations qui existent d'ailleurs aussi sur les pruneaux de France ou des Etats-Unis.

Nous essaierons de dégager de cette étude quelques indications utiles à la pratique industrielle.

⁂

Nous avons soumis à l'expérimentation un grand nombre de pruneaux portant à leur surface des traces d'une altération quelconque.

La méthode générale d'étude a été la suivante :

1° Isoler en cultures pures les différents éléments de la flore des pruneaux avariés.

2° Reproduire sur des pruneaux sains, stérilisés, à l'aide de ces cultures pures, un certain nombre de ces altérations.

Nous avons pu séparer ainsi trois groupes d'altérations nettement caractérisées.

A) Une altération de couleur blanche (la plus fréquente) due à une *Levure.*

B) Une altération de couleur rouge-brun due à un *Monilia.*

C) Des altérations dues à des espèces banales *(Aspergillus, Penicillium, Rhizopus)* dont la coloration varie suivant l'espèce considérée.

Nous allons étudier successivement ces différentes altérations en nous attachant beaucoup moins à l'étude des espèces saprophytes, qu'aux transformations chimiques qu'elles sont capables de produire.

Nous estimons, en effet, que la question de savoir si nous avons affaire à telle ou telle Levure ou à tel ou tel *Aspergillus,* importe moins que de connaître la perte commerciale que ces espèces font subir aux pruneaux du fait de leur présence.

A. Altération blanche *(Levure)*

Cette altération se caractérise par la présence, à la surface des pruneaux envahis, d'une matière blanchâtre formant des amas de dimensions variées. Parfois ce sont des petits points blancs isolés; le plus souvent, ils sont confluents et forment par leur réunion une couche blanchâtre, légèrement rosée par places, et en certains points aussi d'un blanc brillant. La teinte générale est blanche, légèrement rosée.

A la loupe, on voit que les taches isolées sont circulaires, presque sphériques. L'examen microscopique montre des formes bourgeonnantes très nombreuses, ne laissant aucun doute sur l'identité du parasite. (Il ne faut pas confondre cette altération avec les points brillants, très fréquents de couleur blanche, qui sont constitués par des agglomérations d'*Acariens* parasites; ces *Acariens* très communs sur les pruneaux ainsi que sur les figues, se reconnaissent facilement à la loupe, à leurs mouvements très visibles). Lorsque l'altération est ancienne, les pruneaux altérés se dessèchent, la couleur blanche persiste, mais il peut être alors très difficile de mettre la levure en évidence, soit par l'examen direct soit par des cultures. Les globules de levure paraissent desséchés et sont très petits. Il faut s'adresser de préférence pour étudier cette altération à des pruneaux nouvellement envahis et assez humides.

Nous n'avons pas poussé l'étude botanique de cette Levure assez loin pour déterminer à quelle espèce elle se rapporte ; au reste, nous estimons que la question n'est que secondaire. Les cultures sur différents milieux n'ont rien de caractéristique ; l'enduit blanchâtre se formant à la surface des milieux solides, l'apparition d'un voile à la surface des milieux liquides et d'un dépôt assez considérable au fond des bouillons, sont communs à beaucoup de levures. L'absence d'organes de reproduction de l'ordre des asques nous fait éloigner cette levure des *Saccharomyces* et nous pensons qu'elle doit être rangée dans le groupe des *Torulas* blanches. C'est la plus fréquente de toutes les altérations. Lorsqu'on ouvre une boîte contenant des pruneaux ainsi altérés on perçoit très nettement une odeur de levure très accentuée et aussi une légère odeur d'alcool.

Tout d'abord la question se posait de savoir si, malgré la présence de cette levure à la surface des pruneaux, nous nous trouvions bien en face d'une altération due à cette levure, ou bien si ces amas blanchâtres n'étaient pas le résultat d'une action physique, par exemple d'une action osmotique ayant permis la sortie des sucres et leur cristallisation à la surface des pruneaux.

Pour répondre à cette question, nous avons pris deux lots de pruneaux sains qui ont été renfermés avec N cm^3 d'eau distillée stérile dans des flacons stériles.

Le premier lot a été stérilisé à l'autoclave à 120° pendant trente minutes ; le second lot n'a pas subi de stérilisation.

Les deux lots ont été placés en même temps à l'étuve à 37°. Au bout d'un mois de séjour à l'étuve rien n'était apparu sur les pruneaux stérilisés, alors qu'au contraire, les pruneaux non stérilisés étaient couverts d'un enduit épais, blanchâtre.

A l'heure actuelle, après plusieurs mois d'étuve, les pruneaux stériles sont intacts alors que les autres sont complètement envahis par l'altération.

Il n'est donc pas douteux que cette altération soit due à la présence d'un organisme vivant. Ainsi que nous l'avons dit au début, nous avons pu reproduire l'altération avec des cultures pures de la levure.

⁂

Nous avons recherché quelles étaient les transformations chimiques que subissent les pruneaux sous l'influence de cette levure.

A priori, il est bien évident que des transformations importantes se sont opérées puisque l'odeur d'alcool que l'on perçoit indique une fermentation aux dépens des sucres.

Dans quelles proportions les différents éléments constitutifs de la prune sont-ils détruits ou transformés par cette levure ? Que consomme cette levure pour sa nutrition propre ? Quelle est la dépréciation que sa présence fait subir aux pruneaux en tant que produits alimentaires ? Tels sont les points que nous avons cherché à élucider.

Les pruneaux serbes étant, ainsi que nous l'avons déjà dit, très souvent altérés en raison de leur mode de fabrication défectueux, nous avons soumis ces pruneaux à l'analyse chimique.

1° Variété *Pojegatcha.*

Eau	30.5 °/o
Sucres	39.19
Acidité	1.09
Azote	2.054
Cendres	2.15
Alcool	Traces

L'analyse d'un lot de pruneaux *altérés naturellement* a donné la composition suivante :

Eau	37 °/o
Sucres	29.44
Acidité	1.2
Cendres	1.82
Azote	1.2
Alcool	1.5

Si nous rapportons ces chiffres au même taux d'humidité pour pouvoir les comparer avec les précédents, nous avons :

Eau	30.5 °/o
Sucres	35.71
Acidité	1.45
Cendres	2.27
Azote	1.45
Alcool	2.42

Cette analyse d'une altération naturelle nous montre des faits intéressants :

Le lot avarié contenant 37 °/°, il y a lieu,dans ce cas,de rapporter à cette augmentation d'humidité la cause de la croissance de cette levure.

Ainsi qu'on pouvait le prévoir, les sucres ont diminué. Une partie de ces sucres a servi d'aliment à la levure, une autre partie a été transformée en alcool.

L'azote total est passé de 2,05 à 1,45 la différence assez appréciable représente la nutrition azotée de la levure.

L'alcool formé dans les conditions naturelles d'altération a augmenté, il n'en existait que des traces dans les pruneaux sains alors que les pruneaux avariés en contiennent environ 1,5 °/°, et encore nous ne devons pas considérer cette quantité comme représentant la formation totale en raison de l'évaporation constante de cet alcool.

2° Variété *Tchokechinka.*

Dans cette variété nous avons opéré par la méthode des cultures pures. Des pruneaux stériles ont été ensemencés avec la levure et les analyses ont été faites en vue de préciser certains points.

Des analyses préliminaires de pruneaux de cette variété nous ont donné comme moyenne :

Sucres...........................	37.70 °/₀
Acidité...........................	0.655
Azote.............................	1.92

Les analyses successives faites après un certain nombre de jours,mettent en évidence un fait très intéressant, à savoir la diminution progressive des sucres en même temps que l'augmentation constante de l'acidité.

Le tableau suivant montre cette marche inverse :

	Sucres	Acidité
Après 3 jours	36.61 °/₀	0.69 °/₀
— 4 —	20.82	0.68
— 6 —	15.18	0.80
— 7 —	11.02	0.68
— 10 —	traces	0.70
— 12 —	traces	0.84

L'azote total,après 12 jours,était passé de 1.92 (au début) à 1.82.

Dans cette expérience, nous n'avons pas déterminé la quantité d'alcool formé puisque dans les cultures, l'alcool s'évaporait au fur et à mesure de sa formation, Pour déterminer cette quantité,nous avons ensemencé un ballon qui fut scellé sitôt après l'ensemencement.

Le dosage de l'alcool a été fait, après 20 jours de culture, par la méthode de Duclaux. La quantité totale d'alcool trouvée égale 4.16 0/0 en volume.

Nous avons opéré sur 20 grammes de pruneaux qui, d'après les analyses contenaient 7.54 de sucre ; la quantité d'alcool trouvée correspond donc,à peu de chose près,à l'équation théorique de transformation.

Cette levure est donc bien capable de transformer,dans certaines conditions, tout le sucre des pruneaux en alcool. Son importance est donc considérable puisqu'elle peut enlever toute valeur commerciale aux pruneaux, lorsque les conditions de son existence sont réalisées.

Nous pouvons peut-être aussi prévoir que cette levure serait capable, après sélection, de jouer un rôle industriel, dans la fabrication des eaux-de-vie de prunes.

A. *Action de la chaleur sur la levure.* – Nous avons recherché quelle était la température critique pour cette levure.

Des cultures en bouillon peptone ont été soumises à des températures variant de 2 en 2 degrés pendant dix minutes. Nous n'avons opéré qu'en milieu humide, nous rapprochant ainsi des conditions naturelles de fabrication. Ces cultures, ainsi traitées par la chaleur, ont servi à ensemencer des séries de flacons contenant des pruneaux stérilisés. La température de 65° paraît être la température à laquelle la levure est tuée dans ces conditions. A partir de 62° il y a déjà un retard dans l'apparition des cultures, ce qui indique que la levure se trouve déjà en période de souffrance à cette température.

Cette température de 65° a déjà été signalée comme température critique d'un certain nombre de levures.

Cette notion est extrêmement intéressante,car elle nous permet de nous rendre compte des causes de la contamination des pruneaux.

En effet, les prunes mûres sont soumises à la dessiccation. Quel que soit le mode de fabrication, si imparfait soit-il, ces prunes subissent l'action de la chaleur pendant 24 à 36 heures à partir de 60° et enfin à 100° pendant 4 à 5 heures. Il est donc absolument certain qu'au sortir des fours et des étuves il n'existe plus à la surface de ces pruneaux aucun organisme vivant.

La conclusion qui s'impose est donc la suivante : *les pruneaux sont contaminés après leur sortie des étuves.*

Il n'est pas difficile de se rendre compte du mode de contamination : c'est le même personnel qui transporte les prunes fraîches portant cette levure et les prunes desséchées; c'est dans les mêmes locaux et avec le même matériel que sont manipulés les prunes et les pruneaux. Il n'est donc pas surprenant que l'infection soit aussi répandue.

Si ces pruneaux, par suite de mauvaises conditions ultérieures d'emballage, reprennent une certaine quantité d'humidité, la levure se multipliera et manifestera sa présence sous forme de cultures blanches.

Cette notion de destruction de la levure à une assez basse température étant acquise, il doit en découler des pratiques industrielles plus en rapport avec nos connaissances actuelles.

Par des moyens simples, faciles à imaginer, il suffirait d'empêcher tout contact entre les prunes fraîches et les prunes desséchées pour réduire les chances d'altération à leur minimum.

B. Altération rouge *(Monilia)*

Cette altération, assez rare, est caractérisée par l'apparition, à la surface des pruneaux, de masses de dimensions variables de couleur rouge brun. Ces masses sont formées elles-mêmes de petits éléments arrondis se détachant facilement lorsqu'on veut en prendre une parcelle sur la pointe d'une aiguille. A l'œil nu,on ne distingue rien d'autre que ces très petits tubercules brun chocolat.

Si l'on examine sous le microscope à un faible grossissement, on aperçoit, au centre, une masse opaque où l'on ne peut distinguer aucun élément.

A la périphérie de cette masse, existent des filaments cloisonnés en chapelets et des spores libres. Si on écrase légèrement la lamelle, on distingue alors parfaitement ces nombreux filaments cloisonnés, qui ne laissent aucun doute sur l'identité du parasite.

Il s'agit bien d'une *Monilia*. Nous n'avons pas déterminé l'espèce à laquelle elle appartient; au reste une trop grande obscurité règne encore sur ce groupe pour que l'on puisse avancer quelque chose de précis.

Les cultures sur pomme de terre nous ont donné généralement un enduit gluant blanc grisâtre, et nous avons pu observer sur ces cultures l'apparition de petites masses brun chocolat, ayant la forme sphérique d'un périthèce, forme sous laquelle cette *Monilia* existe sur les pruneaux.

Ce qui nous importait le plus était de déterminer son action biologique ; malheureusement, nous nous sommes heurtés à une difficulté d'ordre matériel : on sait que, en général, les espèces de ce groupe ont une action très lente, sur les sucres en particulier. Notre *Monilia* n'a pas fait exception à la règle, et, après un assez long temps, nous n'avons pu obtenir des cultures suffisamment développées pour nous permettre des analyses.

Nous nous croyons en droit de conclure que sa présence est peu importante, étant donnée sa rareté sur les pruneaux et son développement très lent.

Nous devons nous mettre en garde contre une confusion possible, à propos de cette altération. Il arrive, parfois, lorsqu'on ouvre une boîte de pruneaux, qu'on aperçoive une poussière brune assez abondante. Cette poussière n'a aucun rapport avec le parasite que nous signalons, elle est due à la destruction mécanique des pruneaux par les *Acariens* qui vivent à leur surface.

C. ALTÉRATIONS DUES A DES MOISISSURES BANALES

Nous ne décrirons pas, dans le détail, les altérations causées par les moisissures banales que nous avons isolées de pruneaux avariés. Les espèces que nous avons obtenues peuvent être rapportées aux trois espèces suivantes :

1° *Aspergillus glaucus* ;
2° *Penicillium glaucum* ;
3° *Rhizopus nigricans.*

Les trois altérations ont un caractère commun : la présence à la surface des pruneaux d'une trame mycélienne extrêmement fine qu'on aperçoit facilement à la loupe, et l'apparition sur le mycélium de filaments dressés portant des fructifications. La couleur seule diffère suivant l'espèce considérée : l'altération est grisâtre, verdâtre ou bleuâtre. Nous n'insisterons pas sur les caractères de ces altérations faciles à déceler et à diagnostiquer.

Nous dirons simplement que leur allure est, en général, assez discrète, en raison de la faible humidité des pruneaux. Si le taux de l'humidité augmentait d'une façon notable, l'altération serait capable de leur faire perdre toute valeur commerciale.

Pour étudier l'action de ces champignons, nous avons, suivant la méthode générale, ensemencé des pruneaux stériles avec des cultures pures de ces espèces. En même temps, nous avons mis à l'étuve des pruneaux stériles témoins. Cette précaution était indispensable au point de vue de l'analyse.

En effet, nous avons dû, pour obtenir un résultat appréciable, laisser ces champignons en culture pendant au moins 2 mois; il était donc indiqué de rapporter nos analyses à des témoins ayant subi pendant le même temps l'action de l'étuve.

L'analyse moyenne des témoins nous a donné :

Sucre	33.21 %
Acidité	0.56
Azote	1.51

Si nous rapportons ces chiffres à une analyse moyenne de pruneaux n'ayant pas subi le séjour prolongé de l'étuve, nous voyons que les chiffres obtenus sont tous plus faibles. La précaution que nous avons prise se trouve donc parfaitement justifiée.

Voici les résultats des analyses de pruneaux avariés après environ 2 mois de culture :

Penicillium	Sucre	15.68
	Acidité	0.35
	Azote	2.44
Aspergillus	Sucre	28.12
	Acidité	0.45
	Azote	1.57
Rhizopus	Sucre	20.04
	Acidité	0.66
	Azote	1.85

Pour nous rendre mieux compte de l'action comparée de ces champignons, dressons le tableau suivant :

ESPÈCES	SUCRE	ACIDITÉ	AZOTE
Penicillium	15.68	0.35	2.44
Rhizopus	20.04	0.66	1.85
Aspergillus	28.12	0.45	1.57
Témoins	33.21	0.56	1.51

La lecture de ce tableau est des plus instructives. Nous y voyons, d'abord, une différence assez considérable dans la consommation des sucres, tenant à l'espèce.

En outre, nous constatons que celui qui a mangé le plus de sucre a le plus d'azote et réciproquement.

Nous nous trouvons, enfin, en face d'un fait tout à fait imprévu : c'est l'augmentation de l'azote dans tous les cas. Le phénomène devient extrêmement intéressant, car il apporte une notion de plus à un certain nombre de faits, déjà observés, concernant la possibilité de l'assimilation de l'azote par certains champignons (1).

Nous ne nous étendrons pas sur cette question qui sort du cadre de notre sujet, mais il nous a semblé devoir la signaler car elle se rattache à une question d'ordre biologique général du plus haut intérêt.

⁂

Conclusions. — 1° Parmi les altérations des pruneaux, il en est une très commune, de couleur blanche, due à une levure dépréciant les pruneaux d'une façon très notable. Cette levure est tuée aux environs de 65°. La cause de l'altération résidant dans les mauvaises conditions de la fabrication, on pourrait réduire cette altération à son minimum par des pratiques industrielles simples et faciles à imaginer :

2° Les moisissures banales étant capables de faire perdre aux pruneaux une grande partie de leur valeur alimentaire, et le taux de l'humidité étant le facteur le plus important de leur existence, il y a lieu de pousser la dessication (en particulier chez les pruneaux serbes et bosniaques) de façon à diminuer la quantité d'eau de ces pruneaux jusqu'à une limite compatible avec une bonne fabrication industrielle (2).

---

(1) **Puriewitch** — **Bericht. d. Botan. Gesell. 1895** p. 343.
Frank — Bot. Zeit 1893 p. 146; Landw. Jahrber. 1892 t XXI p. 6.
Berthelot — **Ann. de ch. et de phys. 1893. t** XXXI p. 247.
admettent l'assimilation de l'azote par le Penicillium et quelques autres champignons.
Mêmes indications données par Sestini et del Torre. Versuchstatt 1876 XIX p. 8 Jodin. C. R. ac. Sc. 1862. p. 612.

Les analyses de Muller Thurgau faites sur *Botrytis* donnent les mêmes résultats (Pacottet. vinification 1904. p. 189.)

(2) Travail du Laboratoire de Botanique agricole de la Faculté des Sciences de Nancy.

LA VÉGÉTATION DE LA PARTIE INFÉRIEURE
DU
BASSIN DE LA MAUDRE
(Seine-et-Oise)

par M. Henri HUMBERT

(Fin)

DEUXIÈME PARTIE

ÉNUMÉRATION DES ESPÈCES RARES OU PEU COMMUNES POUR LA FLORE PARISIENNE EXISTANT DANS NOS LIMITES.

Observations : 1° J'ai récolté toutes les espèces signalées dans cette liste, sans aucune exception, aux localités mentionnées ; la plupart de celles-ci sont inédites et ont été découvertes soit par M. Edmond Velter, soit par moi-même;

2° Après chaque désignation de localité est indiqué le nom de l'auteur de la découverte. Les initiales H. H. signifient Henri Humbert, et E. V., Edmond Velter. Lorsque ces lettres se trouvent à la suite de plusieurs noms de localités, elles se rapportent à tous ces noms;

3° Le nom des plantes naturalisées est précédé d'une astérisque ; celui des hybrides est précédé du signe ×.

RENONCULACÉES. — *Adonis æstivalis* L. *var. citrina* C. et G. Moissons entre Epône et Tanqueue. (E. V.)

PAPAVÉRACÉES. — *Papaver hybridum* L. Champs à Aubergenville. (E. V.)

FUMARIACÉES. — *Corydallis lutea* DC. Vieux murs : Aubergenville. (E. V.) ; les Mureaux. (H. H.)

Fumaria capreolata L. Beynes, Maule. (E. V. et H. H.)

F. Bastardi Bor. Murs du cimetière de Bazemont. (H. H.)

F. densiflora DC. Talus crayeux à Maule. (H. H.)

CRUCIFÈRES.—*Sinapis arvensis* L. *var. orientalis* C. et G. Champs : commun entre Bazemont et Aubergenville, Maule, etc. (H. H.)

Cardamine silvatica Link. Abonde sur les berges de la Maudre : Beynes, Mareil, Maule, Aulnay, Nézel, etc. (E. V.)

* *Berteroa incana* DC. Abondamment naturalisé dans la plaine alluviale de la Seine entre les Mureaux et le bois de la Garenne, surtout dans les friches entre la ferme de Valence et la voie ferrée. (E. V. et H. H.)

Iberis arvatica Jord. Coteaux et plateaux calcaires : la Carrière Arnoux près Bazemont, Maule, Beynes, etc. (E. V. et H. H.)

* *Lepidium Draba* L. Chemins, champs : environs de Beynes, Herbeville, Bazemont, Epône, Aubergenville, etc. Assez répandu. (E. V. et H. H.)

POLYGALÉES. — *Polygala amarella* Crantz. Abondant sur les pelouses des coteaux calcaires de la vallée de la Maudre : Beynes, Mareil, Maule, Nézel, Epône. (E. V. et H. H.)

CARYOPHYLLÉES. — *Saponaria vaccaria* L. Moissons entre Bazemont et Aulnay. (E. V.)

Silene gallica L. Champs sablonneux-siliceux au-dessus de Sainte-Colombe et de la Malmaison, et entre le Déluge et la Graissée près Bazemont ; Herbeville. (H. H. et E. V.)

Spergula pentandra L. Abondant dans les sables de la vallée de la Seine à la Haye et Valence près les Mureaux. (H. H.)

Arenaria viscidula Thuill. Sables du bois de la Garenne près Aubergenville. (H. H.)

Arenaria leptoclados Guss. Le Déluge près Bazemont, Herbeville, etc.

Cerastium brachypetalum Desp. Beynes. (H. H.)

CRASSULACÉES. — *Tillæa muscosa* L. Allées sablonneuses dans le bois de la Garenne près Aubergenville; Sainte-Colombe; chemins pierreux au Ronçay près Bazemont. (H. H.)

Sedum micranthum Bast. Vignes et friches en dessous des Grands-Jardins près Bazemont. (E. V.)

Sedum sexangulare L. Bois de la Garenne près Aubergenville. (E. V. et H. H.)

Sedum elegans Lej. Sables du bois de la Garenne près Aubergenville et du bois Saint-Vincent près les Mureaux (mêlé au *S. reflexum*, mais un peu moins abondant). (E. V. et H. H.)

PARONYCHIÉES. — *Corrigiola littoralis* L. Abonde sur un chemin sablonneux allant de la ferme de la Haye (près les Mureaux) à la voie ferrée . (H. H. et E. V.)

MALVACÉES. — *Althæa hirsuta* L. Friches à la Haye, près les Mureaux; lieux pierreux calcaires à Montgardé et aux Gardès près Bazemont, à Beynes, etc. (H. H. et E. V.)

GÉRANIACÉES. — *Geranium lucidum* L. Lieux pierreux à flanc de coteau, près de Maule. (E. V.)

PAPILIONACÉES. — *Genista Halleri* Reyn. (*Cytisus decumbens* Wallp.). Abondant sur les pelouses des coteaux calcaires de la vallée de la Maudre : Mareil, Maule, Nézel, Épône. (E. V. et H. H.)

G. Halleri Reyn. *var. diffusa* C. et G. Avec le type.

Ononis Columnæ All. Coteaux calcaires de la vallée de la Maudre : Beynes, Mareil, Maule, Nézel, Épône. (E. V. et H. H.) (Signalé depuis longtemps à Maule, par de Boucheman.)

Medicago media Pers. Assez répandu entre Bazemont et Aubergenville (E. V.) ; Valence près les Mureaux. (H. H.)

M. Gerardi Auct. (*M. cinerascens* Jord.). Friches sablonneuses entre la Haye et le bois de la Garenne près les Mureaux. (H. H.)

Melilotus alba Desr. Bords de la Seine à la hauteur d'Aubergenville ; pont de Valence sur la voie ferrée ; le Déluge près Bazemont ; Herbeville. (E. V. et H. H.)

* *Trifolium elegans* Savi. Çà et là, au bord des chemins et dans les prairies artificielles où il s'est naturalisé, ainsi que le suivant :

Beynes, Mareil, Maule, les Gardès près Bazemont, la Falaise, etc. (H. H.)

* *T. hybridum* L. Herbeville, la Malmaison et le Déluge près Bazemont, la Mare-Malaise près la Falaise, etc. (H. H.)

Vicia lutea L. Mareil. (E. V.); les Gardès près Bazemont. (H. H.)

V. varia Host. Friches au Déluge près Bazemont. (H. H.)

Lathyrus tuberosus L. Friche en dessous des Grands-Jardins près Bazemont ; champs entre Orgeval et Morainvilliers. (E. V.)

L. hirsutus L. Abondant dans les friches du Déluge près Bazemont. (H. H.)

L. macrorhizus Wimm. *var. tenuifolius.* DC. Bois des Prés-Poulains près Bazemont. (H. H.)

Coronilla minima L. Abondant sur les pelouses des coteaux calcaires : Beynes, Mareil, Maule, Nézel, Épône, Mézières. (E. V. et H. H.)

ROSACÉES. *Prunus fruticans* Weihe. Assez abondant surtout sur les coteaux calcaires : Maule, Aulnay, Épône, Mézières. (E. V. et H. H.)

* *Potentilla recta* L. Assez abondamment naturalisé dans une clairière du bois de Sainte-Colombe près Bazemont. (E. V.)

Fragaria collina Ehrh. Coteaux au bois de Beynes. (H. H.)

F. elatior Ehrh. Bois de la Garenne ; entre les Alluets et Herbeville ; coteaux boisés à Montainville, la Falaise (bois de Tanqueue), Aubergenville, etc. (E. V. et H. H.)

Rosa pimpinellifolia DC. Près du cimetière de Bazemont. (H. H.)

R. stylosa Desv. Sainte-Colombe près Bazemont ; Aubergenville. (E. V.)

Agrimonia odorata Mill. Bois des Grignans près Bazemont. (H. H.)

Poterium muricatum Spach. Çà et là.

Mespilus germanica L. Assez répandu dans la forêt des Alluets (le Clos, Sainte-Colombe, la Mare-Plate, le Ronçay, etc.) (E. V.)

Pyrus communis L. Même observation.

P. acerba G. G. Forêt des Alluets : Sainte-Colombe, le Ronçay, etc. (E. V.)

Sorbus aucuparia L. Commun dans la forêt des Alluets et les bois voisins ; val d'Aulnay. (E. V. et H. H.)

S. Torminalis Crantz. Bois de Beynes. (H. H.)

LYTHRARIÉES. — *Lythrum hyssopifolium* L. Terrains argileux : bords du bois des Prés-Poulains et la Malmaison près Bazemont, etc. (H. H.)

ONAGRARIÉES. — *Epilobium collinum* Gmel. Lieux secs : les Grands-Jardins près Bazemont ; forêt des Alluets. (E. V. et H. H.)

E. obscurum Schreb. Fonds humides de la forêt des Alluets : la Graissée près Bazemont. (H. H.)

E. roseum Schreb. Lieux frais : la Graissée et le Déluge près Bazemont ; Herbeville. (E. V. et H. H.)

OMBELLIFÈRES. — *Turgenia latifolia* Hoffm. Assez abondant dans les moissons des terrains calcaires : Beynes, Maule, Vaux et Montgardé près Nézel, Épône. (E. V. et H. H.)

Palimbia Chabræi DC. Çà et là le long des berges de la Seine (E. V. et H. H.)

Tordylium maximum L. Friches sablonneuses depuis les Mureaux jusqu'au bois de la Garenne (abondant surtout près des Mureaux). (H. H.)

Seseli Libanotis Kch. Assez répandu sur les coteaux calcaires de la vallée de la Maudre : la Maladrerie près Beynes, Maule, Val d'Aulnay, Carrière Arnoux près Bazemont, Montgardé au-dessus de Nézel ; coteaux des bords de la Seine aux Fondis près Mézières. (E. V. et H. H.)

Petroselinum segetum Kch. Chemins, haies : les Gardès près Bazemont, Épône. (H. H.). Rare et localisé.

Sison Amomum L. Abondant dans des buissons aux Gardès (au bord de la route) et en dessous des Grands-Jardins près Bazemont ; Culfroid, près Aulnay. (E. V. et H. H.)

Falcaria Rivini Host. Sur le bord du plateau entre Maule et le Bois-Henry : abondant, mais sur un espace restreint. (H. H.)

CORNACÉES. — *Cornus mas* L. Commun sur les coteaux calcaires, de Beynes à Mézières et à Aubergenville; bois de la Garenne. (E. V. et H. H.)

Rubiacées. — *Asperula galioides* M. B. Assez abondant entre la Garenne et Épône ; friche aux Grands-Jardins près Bazemont. (H. H. et E. V.)

Valérianées. — *Valerianella eriocarpa* Desv. Champs calcaires sur le bord du plateau, près de Mareil-sur-Maudre. (H. H. et E. V.)

Dipsacées. — *Dipsacus pilosus* L. Bois des bords de la Maudre, à Maule, Nézel, etc. (H. H.)

Composées. — *Linosyris vulgaris* DC. Pelouses des coteaux calcaires : Vaux près Nézel. (H. H.)

Silybum Marianum Gœrnt. Chemins : la Falaise. (E. V.)

× *Cirsium palustri-oleraceum* Nœg. Marécage au Déluge près Bazemont. (H. H.)

Cirsium eriophorum Scop. Friches au-dessus du hameau des Fondis près Mézières. (H. H.)

* *Centaurea solstitialis* L. Champs entre Sainte-Colombe et Aubergenville. (E. V.). Adventice et fugace.

C. nigra L. Bois au-dessus de la Malmaison près Bazemont ; Herbeville. (E. V. et H. H.)

C. consimilis Bor. Bois à Sainte-Colombe près Bazemont. (E. V.)

Lappa pubens Bor. Chemin entre les Alluets et la Graissée ; Aubergenville. (E. V. et H. H.)

L. major Gœrtn. Berges de la Seine entre les Mureaux et le pont de Rangiport, surtout près de la ferme de Valence ; Maule ; Mareil-sur-Maudre. (H. H.)

Arnoseris minima Kch. Lieux sablonneux-siliceux : la Malmaison et le Déluge près Bazemont. (H. H.)

Hypochœris glabra L. *var. Loiseleuriana* Godr. (*H. Balbisii* Lois). Le Déluge près Bazemont. (H. H)

Helminthia echioides Gœrtn. Chemins, champs : très abondant autour des Gardès près Bazemont ; Maule ; la Haye près les Mureaux, etc. (H. H.)

Trapopogon major Jacq. Chemins, champs : commun dans les friches entre les Mureaux et la Garenne ; Montgardé ; les Gardès près Bazemont ; Maule ; Beynes, etc. (E. V. et H. H.)

Tragopogon minor Fr. Valence près les Mureaux ; Épône ; les Gardès et Beulle près Bazemont ; Herbeville, etc. (H. H.)

Lactuca perennis L. Champs calcaires : Beynes, Herbeville, Val d'Aulnay (H. H.) ; entre la Pie et Vaux près Bazemont (E. V) ; parc de la Falaise (Mouillefarine : Cosson et Germain, flore des environs de Paris.)

Chondrilla juncea L. Abondant dans les friches entre les Mureaux et la Garenne ; Épône ; le Déluge près Bazemont ; Herbeville, etc. (H. H. et E. V.)

Crepis tectorum L. Vieux murs à Bouafle (abbé Toussaint).

Hieracium boreale Fr. Bois sur le pourtour de la forêt des Alluets (E. V.)

LOBÉLIACÉES. — *Lobelia urens* L. Autour de l'étang de la Levrette près Herbeville. (H. H.)

CAMPANULACÉES. *Phyteuma orbiculare* L. Pelouses des coteaux calcaires de la vallée de la Maudre : Mareil, Maule, Carrière Arnoux près Bazemont, Val d'Aulnay, Montgardé, Epône ; coteaux des bords de la Seine aux Fondis près Mézières. (E. V. et H. H.)

ERICACÉES. — *Erica tetralix* L. Abondant dans certaines parties de la forêt des Alluets, surtout vers le Ronçay et la Mare-Plate (signalé dès 1861 à cette dernière localité par Mouillefarine.)

MONOTROPÉES. — *Monotropa hypopitys* L. Bois : le Clos près Flins ; Sainte-Colombe et la Graissée près Bazemont. (E. V.)

GENTIANÉES. — *Gentiana germanica* Willd. Pelouses des coteaux calcaires de la vallée de la Maudre (indiqué dès 1861 au parc de la Falaise par Mouillefarine dans la flore de Cosson et Germain) ; coteaux des bords de la Seine aux Fondis près Mézières (H. H. et E.V.)

G. campestris L. Cette espèce existait autrefois au coteau de la Carrière Arnoux près Bazemont. sur une pelouse où elle était assez abondante mais d'où elle a disparu à la suite de défrichements. (E. V.)

G. Cruciata L. Bois de Beynes. (H. H.)

Cuscutacées. — *Cuscuta major* C. B. Berges de la Seine depuis la ferme de Valence jusqu'à l'embouchure de la Maudre. (E. V.)

Borraginées. — *Echium Wierzbickii* Haberl. Bois de la Garenne; lieux pierreux calcaires à Nézel, Maule, Beynes, etc. (E. V et H. H.)

* *Anchusa sempervirens* L. Talus ombragés à la Falaise. (E. V.)

Verbascées. — *Verbascum montanum* Schrad. Carrière en face de Bazemont et çà et là aux environs (très rare). (E. V et H. H.)

V. phlomoides L. Assez répandu entre les Mureaux et Épône; champs en face de Vaux près Nézel. (E. V. et H. H.)

V. nigrum L. Le long de la Seine entre les Mureaux et le pont de Rangiport. (E. V.)

Scrofularinées. — × *Linaria ochroleuca* Bréb. (*L. striata* + *vulgaris*). Beynes. (H. H.)

Odontites Jaubertiana Dietr. Lieux herbeux et friches calcaires entre Sainte-Colombe et Vaux près Nézel (E. V.). Localisé mais abondant dans ses localités.

Veronica parmularia Poit. et Turp. Forêt des Alluets : bords des mares entre le Ronçay et la Graissée. (H. H.)

V. anagalliformis Bor. Lieux marécageux au bord de la Maudre en dessous de la Falaise. (H. H.)

V. montana L. Fonds humides de la forêt des Alluets : la Graissée près Bazemont. (H. H.)

V. prostrata L. Pelouses et rochers calcaires : entre le parc d'Épône et Vélannes ; près du Val d'Aulnay ; coteaux près de Mareil. (E. V. et H. H.)

V. verna L. Sables de la vallée de la Seine, surtout au bois de la Garenne près Aubergenville. (E. V.)

V. præcox All. Champs sablonneux entre les Mureaux et Valence. (E. V. et H. H.)

V. persica Poir. Assez commun dans les champs : Beynes, Mareil, Herbeville, les Alluets, Maule, Bazemont, la Falaise, Aubergenville, etc. (E. V. et H. H.)

Limosella aquatica L. Forêt des Alluets : lieux humides entre le Ronçay et la Graissée (très rare). (H. H.)

Digitalis lutea L. Bois de Beynes (rare). (H. H.)

OROBANCHÉES. — *Phelipea cœrulea* C. A. Mey. Bois de la Garenne près Aubergenville ; berges de la Seine entre les Mureaux et le pont de Rangiport. (E. V.) — Cette espèce abonde sur la rive droite de la Seine, dans des friches autour d'Issou.

Orobanche cruenta Bert. Commun sur les coteaux calcaires de la vallée de la Maudre, de Beynes à Mézières et à Aubergenville. (E. V. etH. H.) — Signalé dès 1861 par Mouillefarine au parc de la Falaise (Cosson et Germain, flore).

O. cruenta Bert. *var. citrina* Coss. et Germ. Avec le type, mais beaucoup plus rare et par pieds isolés : Montgardé près Nézel, la Carrière Arnoux près Bazemont, Val d'Aulnay. (E. V. et H. H.)

O. Teucrii Schultz. Coteau calcaire de la Carrière Arnoux près Bazemont (H. H.) et bois au-dessus de Sainte-Colombe (E. V.)

O. minor Sutt. Cette espèce, très rare pour la flore parisienne, est très répandue surtout aux environs de Bazemont : les Gardès, la Malmaison ; Vaux près Nézel ; Culfroid près Aulnay ; Mareil, etc. (E. V. et H. H.), dans les champs de *Dipsacus fullonum* qu'elle infeste littéralement et dans lesquels elle est très vigoureuse : sa hauteur y est couramment de 50 à 80 centimètres, et souvent les pieds sont multicaules. On la trouve aussi ailleurs que sur le *Dipsacus* (surtout sur les Légumineuses), dans les friches et sur le bord des chemins, mais beaucoup plus disséminée et de taille normale (15 à 20 centimètres). L'abondance de cette Orobanche et son énorme développement sur le *Dipsacus fullonum* montrent qu'elle a trouvé dans cette espèce un hôte de prédilection.

O. amethystea Thuill. Assez abondant dans le bois de la Garenne et les friches de Valence près Aubergenville, et sur les coteaux calcaires de la vallée de la Maudre : Beynes, Maule, Épône. (E. V. et H. H.)

LABIÉES. — *Origanum virens* G. G. Beynes, Maule, Val-d'Aulnay, Aubergenville, Épône. (E. V. et H. H.)

Stachys germanica L. Friches calcaires : Mareil ; Maule ; la Carrière Arnoux et les Mazures près Bazemont. (E. V. et H. H.)

Brunella alba Pall. *var. pinnatifida* Kch. Chemins dans les bois entre Sainte-Colombe et la Mare-Plate près Bazemont. (E. V.)

B. grandiflora Jacq. *var. pinnatifida* Kch. et Ziz. Avec le type, mais plus rare : coteau de la Carrière Arnoux près Bazemont, Val d'Aulnay. (E. V.)

Scutellaria minor L. Commun dans les lieux frais de la forêt des Alluets : la Mare-Plate, la Graissée, Herbeville, etc. (E. V. et H. H.)

Teucrium montanum L. Commun sur les coteaux calcaires arides de la vallée de la Maudre et des vallées affluentes (signalé depuis longtemps par de Boucheman.)

PLANTAGINÉES. — * *Plantago Cynops* L. Naturalisé dans une friche entre Vaux et Montgardé près Nézel. (E. V.)

SANTALACÉES. — *Thesium humifusum* DC. — Sainte-Colombe, bois de l'Abattoir, coteau de la Carrière Arnoux près Bazemont Montgardé ; Val d'Aulnay ; Maule, etc. (E. V. et H. H.)

DAPHNOIDÉES. — *Daphne Laureola* L. Bois : Aubergenville ; abondant autour d'Épône, aux Fondis, à Tanqueue, la Mare-Malaise ; Bazemont (E. V. et H. H.) ; parc de la Falaise (Mouillefarine) ; bois de Beynes (M^lle Belèze).

Passerina annua Wickstr. Champs calcaires en face de Vaux près Nézel. (E. V.)

EUPHORBIACÉES. — * *Buxus sempervirens* L. Parc d'Aubergenville ; la Falaise.

Euphorbia platyphyllos L. Maule. (H. H.)

E. palustris L. Assez abondant dans les bois marécageux des bords de la Maudre en aval de la Falaise. (H. H.)

E. androsæmifolia Schousb. (*E. salicetorum* Jord.) Dans la plaine alluviale de la Seine entre les Mureaux et le bois de la Garenne (rare). (H. H.)

E. Lathyris L. Bois frais à flanc de coteau près du parc de la Falaise. (H. H.)

Cupulifères. — *Quercus pubescens* Willd. Abondant sur les coteaux calcaires de la vallée de la Maudre, de Beynes à Mézières et à Aubergenville. (H. H.)

Salicinées. — × *Salix undulata* Ehrh. Berges de la Seine (sur la rive gauche) en face de Juziers. (E. V. et H. H.)

× *S. hippophaefolia* Thuill. Berges de la Seine (sur la rive gauche) en face de Juziers. (E. V. et H. H.) — Un individu de cette localité présente des rameaux à épis androgynes, quelques-uns presque entièrement mâles, à côté de rameaux à épis entièrement femelles.

× *Populus canescens* Sm. Bords de la Seine près du château de la Garenne. (E. V. et H. H.)

Bétulacées. — *Betula pubescens* Ehrh. Çà et là dans la forêt des Alluets. (E. V.)

Potamées. — *Potamogeton polygonifolius* Pourr. Très abondant dans beaucoup de mares dans les bois entre le Clos et le Ronçay près Bazemont. (E. V. et H. H.)

P. pusillus L. *var. major* Fries. Çà et là dans la Maudre Maule, etc. (H. H.)

Iridées. — *Iris fœtidissima* L. Assez répandu dans le bois de Beynes. (H. H.)

Orchidées. — *Orchis militaris* L. Commun sur les coteaux calcaires de la vallée de la Maudre, de Beynes à Mézières et à Aubergenville. (E. V. et H. H.)

× *O. militaris* + *purpurea*. Commun sur les coteaux calcaires, avec les parents.

O. Simia Lam. Coteaux calcaires ; peu abondant : Beynes (H. H.) ; entre Maule et le Val d'Aulnay, la Carrière Arnoux près Bazemont, côte d'Aubergenville (E. V.) ; parc de la Falaise (Mouillefarine).

× *O. militaris* — *Simia*. Rare : côte d'Aubergenville. (E. V.)

× *O. purpurea* + *Simia.* (*O. Weddelii* K. Richt). Rare : la Carrière Arnoux près Bazemont, côte d'Aubergenville (E. V.) ; Beynes (H. H.)

Aceras anthropophora R. Br. Coteaux calcaires : le Val d'Aulnay. (E. V.)

Ophrys Arachnites Reich. Coteaux calcaires : très abondant de Thiverval à Mareil, Maule, la Carrière Arnoux près Bazemont, Montgardé, Épône (E. V.) ; parc de la Falaise (Mouillefarine).

O. apifera Huds. Commun sur les coteaux calcaires, de Beynes à Mézières et à Aubergenville. (E. V.)

× *O. apifera* + *arachnites.* Coteau de la Carrière Arnoux près Bazemont. (E. V.)

Spiranthes autumnalis Rich. Le Déluge près Bazemont. (E. V.)

* *Goodyera repens* R. Br. Introduit dans des bois de pins au-dessus de Sainte-Colombe près Bazemont. (E. V.)

Cephalanthera grandiflora Bab. Commun dans les bois des coteaux calcaires autour de Maule, Épône, Aubergenville, etc. (E. V.)

LILIACÉES. — *Paris quadrifolia* L. Fonds humides de la forêt des Alluets : la Graissée près Bazemont, Herbeville, Morainvilliers ; bois frais à flanc de coteau aux Fondis près Mézières ; vallons du bois de Beynes. (E. V. et H. H.)

Allium ursinum L. Fonds humides de la forêt des Alluets : Morainvilliers, Orgeval, la Levrette près Herbeville. (E. V. et H. H.)

Phalangium ramosum Lam. Coteaux calcaires : Mareil, la Carrière Arnoux près Bazemont, Montgardé près Nézel, les Fondis près Mézières, etc. (E. V. et H. H.)

JONCÉES. — *Juncus capitatus* Weig. Sables siliceux au bois de l'Abattoir près Bazemont. (H. H.)

CYPÉRACÉES. — *Schœnus nigricans* L. Marécages de la Levrette près Herbeville. (H. H.)

Scirpus fluitans L. Abonde à la Mare-Plate et dans les mares environnantes dans les bois entre le Clos et le Ronçay près Bazemont. (E. V.)

S. multicaulis Sm. Dans quelques mares entre le Clos et le Ronçay près Bazemont. (E. V. et H. H.)

Carex maxima Scop. Fonds humides de la forêt des Alluets : la Graissée près Bazemont, Morainvilliers, Orgeval. (E. V.)

GRAMINÉES. — *Sesleria cærulea* Ard. Coteaux calcaires de la vallée de la Maudre ; y forme par endroits des pelouses entières, comme à Montgardé et à la Carrière Arnoux près Bazemont. (E. V.)

Setaria glauca P. B. Champs sablonneux : les Gardès, la Malmaison, le Déluge près Bazemont. (H. H.)

Deschampsia cæspitosa P. B. *var. vivipara* C. et G. Extrêmement abondant dans les bois des bords de la Maudre en aval de la Falaise, à l'exclusion à peu près totale de la forme normale (H. H.).

D. cœspitosa P. B. *var. parviflora* C. et G. Bois à Sainte-Colombe près Bazemont et à la Levrette près Herbeville. (H. H.)

Kœleria cristata Pers. Le type, répandu sur les coteaux calcaires de la vallée de la Maudre. (H. H. et E. V). (la var. *gracilis* Kch., beaucoup plus fréquente aux environs de Paris, abonde dans les terrains siliceux).

* *Eragrostis megastachya* Link. Champs sablonneux près de la gare d'Aubergenville. (H. H.)

* *E. poæides* P. B. Se répand sur les lignes de chemins de fer : en différents points de la ligne de Versailles à Épône ; gare d'Aubergenville. (E. V. et H. H.)

Festuca gigantea Vill. Bois frais : bords de la Maudre à Maule, Nézel, etc. ; les Prés-Poulains et la Graissée près Bazemont ; entre la Cochoiserie et Herbeville. (H. H.)

Agropyrum campestre G. G. Friches entre les Mureaux et la Garenne. (E. V. et H. H.)

Lolium italicum A. Br. Commun dans les champs et les prés. surtout autour de Bazemont. (E. V. et H. H.)

Gaudinia fragilis P. B. Bords du bois des Prés-Poulains près Bazemont. (H. H.)

FOUGÈRES. — *Ceterach officinarum* Willd. Les Mureaux. (E. V.)

Aspidium lobatum Sw. (*A. aculeatum* Dœll.) Çà et là dans les bois autour de la Graissée près Bazemont. (H. H.)

A. angulare Willd. La Graissée près Bazemont, où il est bien plus rare que le précédent. (H. H. et E. V.)

Scolopendrium officinale Sm. Bazemont (E. V.) ; fontaines à flanc de coteau près de la Falaise. (H. H.)

Blechnum Spicant Roth. Forêt des Alluets : le Clos, assez abondant entre la Graissée et Beulle près Bazemont, la Levrette près Herbeville. (H. H.)

OPHIOGLOSSÉES. — *Ophioglossum vulgatum* L. Lieux marécageux de la plaine alluviale de la Seine non loin d'Épône. (H. H.) Assez abondant mais localisé.

EQUISÉTACÉES. — *Equisetum variegatum* Schl. Sables argileux humides dans la plaine alluviale de la Seine non loin d'Épône. (H. H.)

E. arvense L. *var. serotinum* Meyer. Abonde à la Levrette près Herbeville ; la Malmaison et la Graissée près Bazemont, etc. (H. H. et E. V.)

MARSILIACÉES. — *Pilularia globulifera* L. Au bord de quelques mares dans les bois entre le Clos et le Ronçay près Bazemont. (H. H.)

⁂

Seules sont mentionnées dans l'énumération précédente les plantes rares ou relativement peu répandues dans la flore parisienne ; certaines espèces plus communes en général, qui pour cette raison ne figurent pas dans cette énumération, sont d'autre part trop disséminées ou trop exceptionnelles dans nos limites pour entrer dans les listes d'espèces caractéristiques données dans l'étude des diverses zones. Afin de ne pas les passer complètement sous silence, nous les citerons ici à titre de complément : *Aquilegia vulgaris* L. (les Fondis près Mézières ; forêt des Alluets) ; *Tilia silvestris* Desf. et *platyphyllos* Scop. (parc d'Aubergenville et çà et là) ; *Vicia tenuifolia* Roth. (friches près d'Épône) ; *Senecio viscosus* L. (sur la voie ferrée entre les Mureaux et Épône) ; *Taraxacum lœvigatum* DC. (lieux pierreux à Mareil, Épône, etc.) ; *Nepeta Cataria* L. et *Rumex pulcher* L. (près de la gare d'Aubergenville) ; *Carex tomentosa* L. (près d'Épône) ; *Malva Alcea* L. et *moschata* L., *Geranium pyrenaicum* L., *Trifolium medium* L. et *ochroleucum* L., *Lathyrus silvestris* L., *Lamium incisum* Willd., *Ruscus aculeatus* L., *Orchis Morio* L., *Typha angustifolia* L., *Scleropoa rigida* Griseb., etc., çà et là sur divers points du territoire.

EXPLICATION DE LA PLANCHE I

Zones de végétation de la partie inférieure du bassin de la Maudre (S.-et-O.).

(Dans la légende au lieu de V^d *Sables de l'Orléanais*, lire V^d *Sables de la Sologne*).

LES VARIATIONS DANS LE RÈGNE VÉGÉTAL
ET
LES CONDITIONS EXTÉRIEURES

(ANALYSE DES TRAVAUX DE M. G. KLEBS)

par M. G. SELIBER

(*Fin*).

Conditions de la floraison. — Notre exposé nous amène naturellement au problème le plus important de la physiologie végétale, à celui des conditions de la floraison. Nous voulons tracer ce problème d'après les quelques pages que M. Klebs lui consacre dans son travail de 1906.

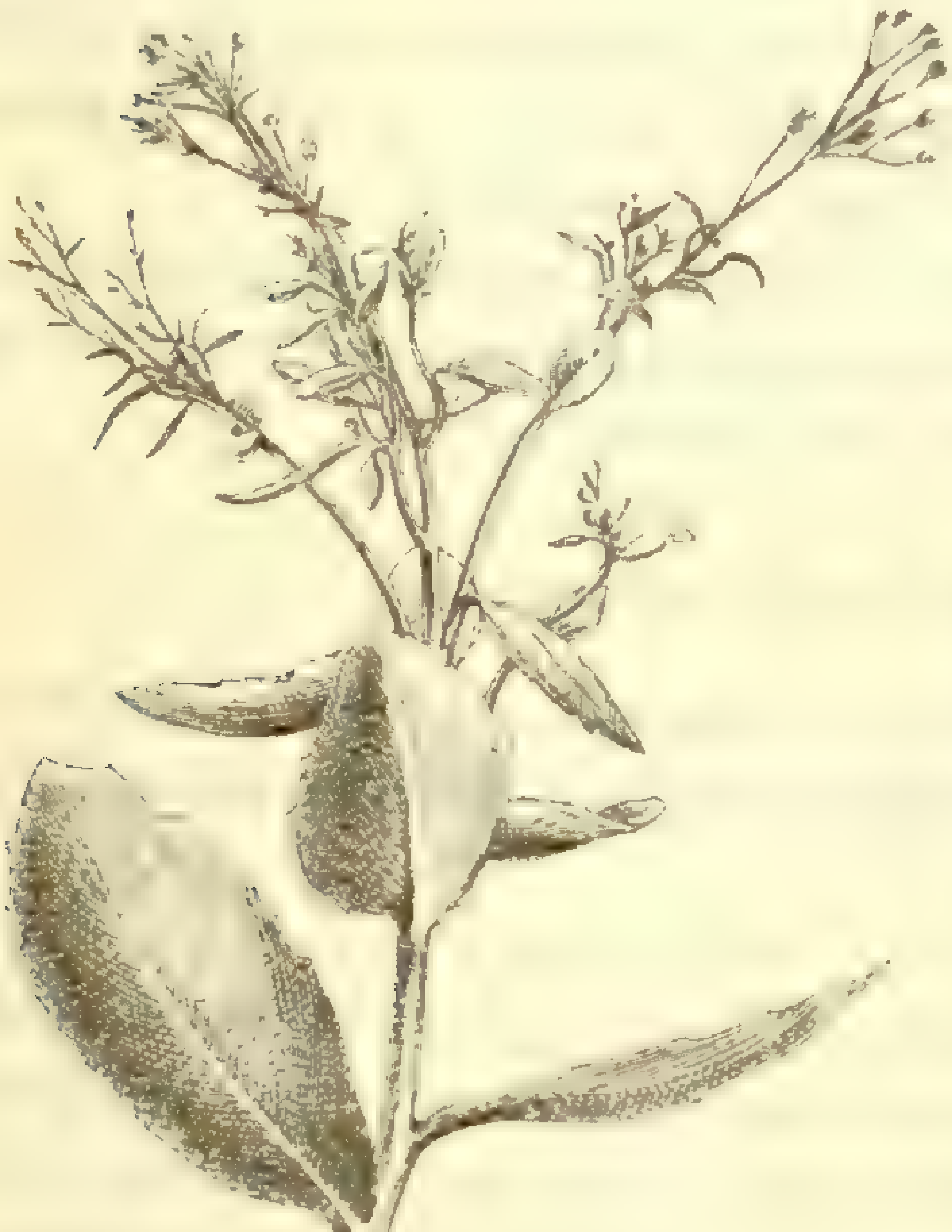


Fig. 22. — *Sedum spectabile.* — Rameau ayant de jeunes bourgeons d'inflorescence, placé le 3 Juin 1904, dans une serre aux vitres bleues.

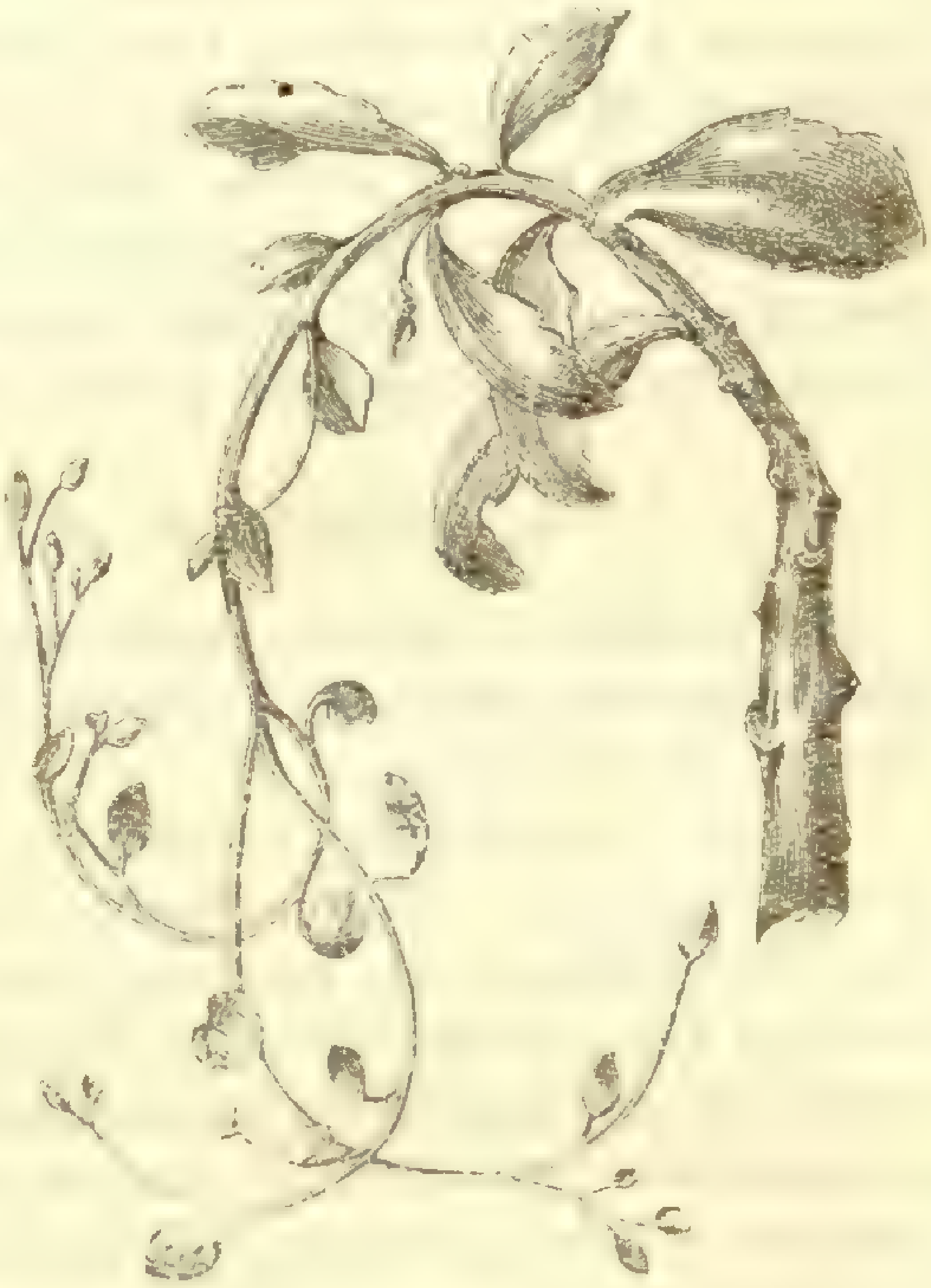


Fig. 23. — *Sedum spectabile.* — Rameau pris le 27 Juin 1903 sur une plante cultivée dans une serre à vitres bleues. La partie jeune de la plante montre des pousses ramifiées ressemblant aux inflorescences, mais ayant, au lieu de fleurs, de petites feuilles à courts pétioles.

La formation des fleurs se fait, en général, après une période de croissance végétative. Comme jusqu'à un certain degré ces deux processus opposés dépendent des mêmes conditions extérieures, on doit supposer que ce sont des différences quantitatives des conditions qui décident quel processus vital (floraison ou croissance végétative) doit se produire « Si la preuve expérimentale n'est donnée que pour un petit nombre de phanérogames cela suffit pour les considérations théoriques suivantes.

Ce sont ces différences quantitatives qu'il est important de constater, et on peut déduire ces différences en comparant les conditions jouant un rôle dans ces deux processus vitaux. Mais cette constatation n'est pas facile, elle est quelquefois liée à des difficultés presque insurmontables.

Ces recherches peuvent être faites de deux manières. On peut tâcher de constater les conditions dans lesquelles s'effectue le passage de l'état de croissance à l'état de la floraison. Ici, on peut distinguer chez les plantes bisannuelles, chez *Sempervivum* en particulier l'état « mûr à la floraison », état dans lequel avant la plupart de préparations intérieures qui sont nécessaires pour la floraison sont accomplies, l'ébauche de la fleur cependant n'a pas encore paru. De l'autre côté l'état mûr à la floraison ou l'état de floraison peut servir comme point de départ; on doit rechercher alors par quels moyens on peut le changer et le faire passer à l'état végétatif » (p. 108, 1906).

C'est par la deuxième méthode que M. Klebs tâche de déduire quelques conditions de la floraison. La formation des fleurs peut être limitée ou complètement empêchée par lès moyens suivants :

a) *Changement de l'intensité lumineuse.*

Ce problème était déjà traité dans notre analyse précédente, nous y revenons cependant pour résumer quelques nouvelles observations des travaux de M. Klebs.

Il existe un minimum d'intensité de lumière pour la formation des fleurs de chaque plante ; chaque espèce a son minimum au-dessous duquel la floraison n'a pas lieu. C'est de cette manière que Vochting a réussi à maintenir *Mimulus Tilingii* dans l'état de croissance végétative, en cultivant cette plante dans une lumière faible. Ce phénomène se manifeste très nettement chez les plantes annuelles qui, n'ayant pas une réserve suffisante de matières nutritives, ont besoin avant la floraison, ainsi que pendant ce processus, d'une forte assimilation. Chez beaucoup d'autres plantes, la nutrition accumulée pendant l'année précédant la floraison joue un rôle ; cela se présente d'une manière très remarquable chez les plantes à tubercules et à bulbes. Dans ce cas, l'intensité de la lumière de l'année précédant la floraison peut jouer le même rôle que l'intensité de la lumière de l'année de la floraison chez des plantes sans réserve suffisante.

Ces observations sont d'accord avec les expériences de Sachs (1864), qui a démontré que des plantes dont les feuilles sont suffisamment éclairées peuvent former des fleurs dans l'obscurité. En introduisant dans une boîte obscure les inflorescences de *Petunia*, *Antirrhinum*, *Phaseolus* et de *Cucurbita*, il pouvait obtenir une formation normale de fleurs. Il est vrai qu'il y avait aussi des exceptions, ainsi *Linum usitatissimum* poussait dans l'obscurité sans former de fleurs. Les expériences de M. Klebs avec *Mimulus luteus*, *Digitalis purpurea*, *Veronica Chamædrys* et *longifolia* confirment les résultats de Sachs. Dans la lumière de la serre de l'Institut (lumière relativement peu intensive), la formation des fleurs ouvertes cesse peu à peu ; le premier, signe de la nutrition peu intensive, se manifestait dans l'affaiblissement de la couleur bleue de *Veronica*, de la couleur rouge de *Digitalis*, plus tard les bourgeons ne s'ouvrirent plus. Il est probable que le développement insuffisant de fleurs en dépit de l'éclairement des feuilles s'explique par ce fait que la croissance excessive de la tige dans l'obscurité absorbe toutes les matières nutritives fournies.

D'après toutes ces observations, il est à supposer que l'influence de l'intensité lumineuse sur la floraison trouve son explication dans ce que la formation des fleurs exige une assimilation de carbone plus intensive que la croissance végétative.

b) *Changement dans la composition de la lumière*

Dans son travail de 1905, M. Klebs traite, dans une grande quantité d'expériences, le problème de l'influence de la lumière de diverses longueurs d'ondes sur la floraison. Les expériences étaient faites dans de petites serres aux vitres blanches, rouges et bleues ; les serres étaient exposées avant midi à l'influence de la lumière claire, diffuse, après midi à l'influence directe du soleil. Les observations ont montré que les différences dans la température et dans l'humidité étaient peu considérables. Les expériences amènent Klebs à la conclusion que les rayons rouges-jaunes et les rayons bleus-violets n'ont aucune influence spécifique sur la formation des fleurs, l'assimilation de carbone est plus faible dans la lumière rouge et bleue que dans la lumière blanche et par ce fait s'expliquera l'influence différente de la lumière de couleurs diverses sur la floraison. Derrière le verre bleu-vert (qui laisse traverser les rayons à $\lambda = 540\text{-}440\ \mu$) les plantes à fleurs annuelles (*Specularia Speculum*, *Anagallis cærulea*, *Lobelia erinus*, *Silene pendula*, *Emilia sagitata*, etc.) se comportent comme dans une lumière faible. Au bout de quelques jours il arrive souvent que les fleurs ne se développent pas, les bourgeons ne se forment plus. Dans la lumière rouge (derrière un verre laissant traverser les rayons à $\lambda = 720\text{-}580\ \mu$) le nombre de fleurs développées est considérablement plus petit que dans la lumière blanche, mais la formation des fleurs peut durer pendant des mois. « *Une plante comme* Poa annua *peut passer par* *tous les cycles de son développement sans être exposée à des rayons bleu violets et ultra violets* » (1905, p. 204, expérience dans la lumière rouge).

Chez les plantes à réserve, l'influence de la lumière rouge et bleue dépend essentiellement du moment où on fait l'expérience. Des *Sempervivum* « mûrs à la floraison », placés au mois de mars dans la serre bleue forment un axe d'inflorescence qui ne donne pas de fleurs, la plante devient tout à fait végétative ; les rosettes placées en même temps dans la lumière rouge produisent des fleurs, quoique en petit nombre.

Les résultats obtenus dans la lumière bleue sont d'autant plus intéressants qu'ils montrent qu'un séjour relativement court, dans la lumière bleue, suffit pour transformer une plante complètement mûre à la floraison en une plante végétative. C'est le mois d'avril qui est le plus favorable à cette transformation, les fleurs commençant leur formation dans la seconde moitié de ce mois (1). Lorsque l'expérience est faite avant, par exemple au commencement du mois d'avril, les fleurs ne se forment pas du tout et on obtient une rosette végétative. Dans l'année 1906, Klebs a réussi à obtenir un intéressant stade de passage, une rosette de *Semp. Funkii*, placée le 25 avril dans la lumière bleue a formé une inflorescence typique avec des rameaux latéraux, mais à côté d'un petit nombre de fleurs sur les rameaux latéraux se formèrent des rosettes végétatives au lieu de fleurs. Un affaiblissement de l'assimilation de carbone a suffi pour provoquer ce résultat frappant.

Pour les autres détails sur l'influence de la lumière de diverses couleurs et pour les considérations théoriques liées à ce problème, le lecteur consultera les travaux de M. Klebs (1905, p. 196, 1906, p. 110).

c) *Changement de la température.*

On sait que la température joue le rôle d'une condition générale de la floraison, mais ce n'est pas ce problème qui nous intéresse ici, c'est plutôt la température en tant qu'elle peut jouer un rôle dans la transformation d'une plante, « mûre à la floraison », en une plante en état végétatif. Dans les expériences citées plus haut, le lecteur a vu quel rôle joue la chaleur pour la métamorphose d'une inflorescence lorsqu'on place des plantes, « mûres à la floraison », pendant l'hiver, dans une serre à température plus ou moins élevée ; les expériences étaient faites avec des plantes bisannuelles, comme la *betterave*, le *Cochlearia* et le *Digitalis*, ainsi qu'avec des plantes vivaces comme *Glechoma*, *Heuchera*, *Sempervivum*, etc.

Comment expliquer ce fait ? On pourrait supposer que la croissance pendant l'hiver favorise l'épuisement de réserves de nutrition, ce qui rend la floraison impossible. Mais les expériences avec la betterave plaident fortement contre cette supposition ; pour faire pousser la tige et former les fleurs, la plante n'a besoin que d'une petite quantité de matières nutritives ; les expériences montrent que des plantes provenant de petites plantules chétives, en dépit de leur pauvreté en matières nutritives, forment des fleurs, tandis que les fortes betteraves se trouvant l'hiver à une température plus ou moins élevée et ayant cent fois plus de matières nutritives ne fleurissent pas. (Comp., Klebs, 1906, p. 237).

---

(1) Toutes ces expériences ont été faites à Halle-sur-Saale (Prusse).

On doit chercher le facteur décisif dans la variation de la concentration des matières nutritives composant la cellule.

d) *Sels nutritifs*

Il reste à tracer en quelques lignes l'influence de sels nutritifs. Chez les algues simples comme *Spirogyra*, *Œdogonium*, *Chlamydomonas*, on peut complètement remplacer l'état de reproduction par l'état végétatif sous l'influence des sels nutritifs (solution de Knop) ; chez les autres comme *Vaucheria* on peut retarder le commencement de ce processus, Beneke (1898) a montré que chez *Vaucheria* le manque des matières azotées favorise l'état de reproduction.

Des observations accidentelles indiquent que chez les phanérogames la diminution de sels nutritifs favorise aussi la floraison (Mobius, 1897, p. 124 ; Benecke, 1906, p. 103).

Les expériences citées par M. Klebs ne permettent pas de faire des conclusions décisives ; on a ici affaire à des phénomènes très compliqués ; dans ces expériences (si l'on veut par l'excès de sels nutritifs supprimer la floraison) d'autres facteurs, agissant de la même manière, interviennent aussi, et on ne peut dire à quel facteur il importe d'attribuer l'influence prépondérante.

Nous terminons ce chapitre par les résultats constatés par M. Klebs sur la floraison de *Sempervivum* ; ces conclusions, ne renfermant rien d'hypothétique, sont les faits suivants :

1) Sous l'influence d'une vive assimilation de carbone dans une lumière claire et avec une absorption plus considérable d'eau et de sels nutritifs a lieu une vive croissance végétative.

2) Sous l'influence d'une vive assimilation de carbone dans une lumière claire accompagnée d'une absorption moindre d'eau et de sels nutritifs a lieu une vive floraison.

3) Sous l'influence d'une absorption moyenne d'eau et de sels nutritifs, les deux processus vitaux peuvent se produire ; l'apparition de l'un ou l'autre de ces deux processus dépend de l'intensité de l'assimilation de carbone. Un affaiblissement de la production des matières organiques (par exemple sous l'influence de la lumière bleue) produit la croissance végétative, l'augmentation de cettre production détermine la formation des fleurs (1906, p. 248).

IV. — Considérations générales

La Systématique se fonde sur la constance de certains caractères de la plante. Dans les plantes à fleurs, ce sont surtout les caractères de la structure de la fleur ; « ces caractères d'organisation » étaient opposés par Naegeli (1884, p. 138) aux « caractères d'accommodation », dépendant du milieu extérieur et par suite variables.

C'est un fait connu que tous les caractères de la plante ne se comportent pas de la même manière, mais on ne peut pas affirmer que les « caractères d'organisation » soient constants dans toutes les circonstances. Les expériences, citées dans les chapitres précédents, montrent le contraire.

On peut seulement dire que les divers caractères de la plante se comportent d'une manière différente envers le milieu extérieur ; les uns sont sensibles à de petits changements des conditions extérieures, on le constate pour la taille et la structure morphologique des feuilles et de la tige, les autres restent invariables sous les fluctuations du milieu ambiant.

En recherchant méthodiquement les conditions de la vie des plantes par voie expérimentale, on peut élucider ce problème, poursuivant les possibilités de développement de tous les organes de la plante.

Ce qui a été fait dans cette direction amène M. Klebs à la conclusion suivante : « Les caractères les plus constants dans les conditions habituelles de la culture peuvent, dans certaines circonstances, devenir très variables. »

La thèse énoncée ici, pourrait-on dire, peut devenir fatale pour la Systématique. « Mais, dit M. Klebs, la Systématique pratique, tant qu'elle s'occupe à caractériser les espèces se rencontrant dans la nature, à les différencier et à les unir dans un système, n'a pas besoin de se soucier de cette variation. C'est la Systématique théorique qui veut exactement rechercher la base essentielle de l'espèce, qui doit tenir compte de ces variations provoquées artificiellement, parce qu'elles nous dévoilent les vraies propriétés spécifiques. L'espèce, telle qu'elle apparaît dans les descriptions de la Systématique, n'est qu'un pauvre squelette. Elle (l'espèce) représente aussi dans la nature une richesse de formes différentes, on doit seulement essayer de les voir. Se fondant sur les propres observations dans la nature libre et sur les recherches des plantes d'herbiers, Diels (1904), dans son intéressant travail, a attiré l'attention sur le polymorphisme de beaucoup d'espèces. Mais ce n'est que par les recherches expérimentales faites sur une espèce qu'on peut mettre au jour toutes ses propriétés, mêmes celles qui ne se rencontrent pas dans la nature libre ; ce ne sont que ces recherches qui peuvent démontrer que certains caractères de nombre, grandeurs, formes des organes et de leurs parties apparaissent dans certaines conditions du monde extérieur et qu'ils changent régulièrement étant mises dans d'autres conditions. Il n'y a, en général, guère de caractères constants.

Je ne peux que continuer à insister sur ce que j'ai déjà dit autre part (1906, p. 128). *La constance d'une espèce consiste seulement dans la constance de sa manière d'être en présence d'un milieu extérieur défini* » (1907, p. 94).

Nous abordons le problème le plus fondamental des sciences biologiques, celui de la notion d'espèce. Toute théorie, qui affirme qu'un groupe d'organismes descend d'un autre groupe différant de celui-ci par certains caractères essentiels, se base sur la variabilité des organismes. Mais si l'on parle de la variabilité dans la nature vivante, on doit établir quel est l'élément qui varie. Darwin prend comme point de départ l'espèce de Linné. Mais les travaux de Jordan, de de Bary et de Vries ont démontré que l'espèce de Linné est composée de nombreuses sous-espèces constantes ; depuis, ces espèces élémentaires (De Vries, 1901, p. 43, etc.) servent comme point de départ pour la variation ; contre cet élément, l'espèce élémentaire, on fait aussi des objections ; Johannsen (1903, comp. aussi Correns, 1904) a démontré qu'une espèce élémentaire, elle aussi, est composée de « lignes pures variées », elles aussi constantes.

« En général il est très difficile de savoir si des individus qui paraissant appartenir à un groupe ne sont pas en réalité différents à un certain degré. C'est pourquoi, dit Klebs, j'ai insisté déjà autrefois (1903, p. 5) sur la nécessité de procéder avec les phanérogames comme on le fait depuis longtemps avec les algues et les champignons ; un seul individu, multiplié ou par voie végétative, ou par voie d'une stricte autofécondation doit servir aussi comme point de départ. C'est alors que se justifie la supposition qu'on a affaire à une espèce pure sans pouvoir exclure la possibilité de voir se créer par mutation une nouvelle espèce. » (1905 p. 289).

Jost (1904, p. 470) donne la définition suivante : « une espèce pure embrasse tous les individus avec des caractères concordants descendants d'un seul exemplaire. »

Mais le problème n'est pas simple et, dans la plupart des cas, il nous faut démontrer que des individus d'une descendance inconnue appartiennent à la même espèce. Les difficultés qu'on rencontre, quand on veut donner dans ce cas une définition de la notion d'espèces, sont connues, elles étaient traitées dernièrement avec beaucoup de soin par M. de Vries (1903, p. 651). Klebs, sans prendre égard à la Systématique pratique, cherche une définition que l'on pourrait jusqu'a un certain degré démontrer par l'expérience.

De Vries a nettement démontré la grande importance de la variabilité trangressive (I, p. 305, II, p. 653) qui tend à confondre les limites des espèces. Les variations à l'intérieur d'une espèce peuvent être plus grandes que les différences entre les espèces elles-mêmes. Les expériences sur *Sempervivum* ont démontré que l'on peut y rencontrer la plupart de caractères qui servent à la caractéristique de l'espèce de Linné à l'intérieur du genre. Ces difficultés amènent Klebs à chercher une définition empirique qui tienne compte de la manière d'être de l'espèce en présence du monde extérieur.

Il définit l'espèce comme il suit :

« A une et même espèce appartiennent tous les individus qui étant multipliés par voie végétative ou par auto fécondation, montrent dans les mêmes conditions extérieures et pendant un certain nombres de générations les caractères concordants. »

« Il s'en suit que si deux plantes montrent alors, une différence marquée dans une forme quelconque ou à un degré quelconque, on devra les regarder comme appartenant à deux espèces différentes De même, si parmi des plantes de la même descendance, une étant dans les mêmes conditions que les autres, montre des caractères constants différents de ceux des autres, nous devons parler d'une apparition d'une nouvelle espèce.

C'est pourquoi il faut caractériser l'espèce par sa réaction constante vis-à-vis du monde extérieur ; toute autre définition est arbitraire et conventionnelle. Ce n'est que par la voie physiologique que peut être résolu le problème de savoir ce qu'est une espèce » (1905, p. 290).

« If it were possible to expose all the individuals of a species during many generations to absolutily uniform conditions of life, there would be no variation » affirme Darwin (1868, p. 255). Cette thèse veut dire que la variation n'appartient pas nécessairement à la nature de l'organisme ; cette thèse, telle qu'elle est, ne résulte pas seulement de l'expérience, elle est plutôt une conséquence du principe général de la causalité. A cette déduction est opposée une autre qui soutient la thèse sur la variation due aux causes intérieures (comp. Reinke, 1901, p. 510). « Ce serait inutile et superflu d'aborder une discussion de principe. Les deux points de vue ont cela de commun qu'ils ne peuvent être réfutés en général », dit Klebs.

Du point de vue de la méthode de la science expérimentale, Klebs se base sur les considérations suivantes. « Des déclanchements intérieurs et extérieurs jouent, comme Pfeffer l'a justement indiqué, un rôle très important dans chaque processus vital le plus simple et le plus compliqué. Mais il ne faut pas oublier que toute l'énergie dans toutes ses formes provient du milieu extérieur. C'est pourquoi il (le monde extérieur) est ici cause déterminante (veranlassung) et cause effective au même degré que dans les phénomènes météorologiques ainsi que dans les corps inorganiques les plus simples Voilà comment on peut exprimer cette thèse qui est d'une portée générale. Les caractères apparaissant dans des corps simples ainsi que dans une cellule très compliquée, dépendent de la structure intérieure de la cellule c'est-à-dire de la structure de ces derniers éléments avec l'ensemble de leurs puissances. C'est le monde extérieur qui déterminera alors qu'un caractère en général, et tel ou tel caractère parmi tous les caractères possible, doit se réaliser.

Le problème discuté souvent de savoir qu'est-ce qui est plus important, l'organisme lui-même ou le monde extérieur nous apparaît à notre point de vue oiseux et superflu; une telle appréciation n'a pas de valeur scientifique, parce que tous les deux sont nécessairement liés (1905, p. 309).

L'espèce montre ainsi dans certaines conditions des caractères constants déterminés. Par quoi est caractérisé ce qui est constant dans une espèce? « Nous abordons ici ce problème non au point de vue philosophique mais pour chercher une notion pratique pouvant servir de base aux considérations qui vont suivre. L'analogie entre les corps organiques et les corps inorganiques, nous amène à la structure spécifique.» (1905, p. 292).

Si l'on prend des corps comme le soufre, le phosphore, l'eau, ils ne restent pas toujours constants, il y a des modifications allotropiques du soufre et du phosphore, l'état solide, liquide et gazeux, mais derrière tous les états variables nous supposons quelque chose, c'est la structure moléculaire. « La structure moléculaire représente en même temps la totalité des propriétés de ce corps, nous nous représentons ces propriétés comme des capacités, des puissances », liées à la structure. La possibilité de subsister à l'état solide, liquide, gazeux d'apparaître dans des formes cristallographiques déterminées, sous certaine coloration, etc., nous appelons tout cela les puissances de la structure moléculaire. Mais ces puissances ne se réalisent que sous l'influence de certaines conditions.

« En réalité, nous n'avons jamais affaire à une molécule isolée. Chaque corps est composé de particules nombreuses, soit de molécules, soit d'atomes, soit d'ions ; c'est pourquoi on doit supposer comme données les relations mutuelles entre les particules, agissant comme les forces moléculaires ; ce sont les *conditions intérieures*, dépendant d'abord des qualités spécifiques des particules, de l'autre côté, elles dépendent aussi de forces du monde extérieur, de la pression de la température, etc.; ce sont ces conditions qui déterminent quelle puissance doit se réaliser, celle de l'état liquide ou de l'état solide. Ce n'est que la relation qui unit ces conditions intérieures et celles de l'extérieur qui donne la possibilité d'expliquer la réalisation des puissances liées à la structure moléculaire qui doivent être considérées comme données.

J'applique ces notions à la cellule non pour essayer d'expliquer le mystère de la vie, ce serait agir en dilettante, mais exclusivement comme moyens auxiliaires pour permettre de mieux poser le problème.

La cellule vivante, si compliquée qu'elle soit, contient toujours quelque chose de constant, quelque chose qui reste constant dans les divers modes d'assimilation et de désassimilation et de changement de formes, ce qui reste c'est la structure spécifique de la cellule, où se trouvent ses capacités en forme de puissances.

Cette notion de structure spécifique peut être appliquée à la cellule vivante, soit quand nous nous représentons le processus de la vie comme ou composition et décomposition d'une molécule vivante très compliquée (manière de voir de Dettmer, soutenue par Kassowitz), soit quand nous nous représentons ces processus comme le résultat de réactions de certaines substances chimiques avec des propriétés chimiques particulières (par exemple en état colloïdal). Dans l'état actuel de nos connaissances, chaque représentation concrète de cette structure n'est peut-être que très insuffisante, nous n'avons que des bases très incertaines pour faire cette concrétisation. Mais quoique un peu vague, cette notion peut nous rendre service, elle représente aussi dans la cellule vivante la totalité des puissances appartenant à l'espèce, les caractères résultant de ces puissances pouvant être connus déjà à présent ou pouvant être reconnu par des recherches futures.

La réalisation de ces puissances dépend de conditions intérieures présentées à ce moment dans la cellule, c'est-à-dire de l'affinité et de forces moléculaires qui existent entre les petits éléments qui représentent la cellule. Chaque cellule est le produit d'une autre cellule et reçoit dès qu'elle existe une certaine structure de conditions intérieures (une certaine teneur en eau, la pression osmotique, la présence ou l'absence de certaines matières, par exemple de ferments, une certaine proportion entre les matières présentes, entre les hydrates de carbone, les albumines, les acides, les sels nutritifs).

Klebs représente tout cela, comme les conditions intérieures. Leur disposition détermine la puissance de la structure spécifique qui va se réaliser; la disposition des conditions intérieures détermine si la cellule va croître, va se diviser ou changer de forme de différentes manières. Tout ce qui se passe avec une cellule, un organe, avec toute la plante est déterminé par les conditions intérieures.

La liaison entre les conditions intérieures et le milieu ambiant représente le fait fondamental, sur lequel se base toute recherche biologique. Toutes les conditions intérieures, citées plus haut, sont variables : leurs changements correspondent nécessairement à un changement du milieu extérieur. C'est cette liaison qui rend possible l'action du monde extérieur (quoique par voie indirecte cependant aussi sûre et avec la même nécessité que dans les corps inorganiques) sur les puissances de la structure spécifique ; c'est ce fait qui permet que le milieu extérieur détermine les puissances devant se réaliser et celles devant rester à l'état latent.

Chez les plantes cellulaires simples, chez les algues et les champignons, on est parvenu dans cette direction à un certain degré de certitude, je rappelle que nous pouvons faire varier à volonté les processus de développement des algues et des champignons » (p. 294, 1905).

Dans les plantes à fleurs nous avons affaire à des choses plus compliquées ; les relations des nombreuses cellules de la plante entre elles (les corrélations) jouent ici un grand rôle : nous nous contentons de l'indiquer sans entrer dans une analyse plus profonde (pour les détails, consulter Klebs, 1905, p. 294).

Nous insistons ici beaucoup sur les conditions intérieures parce que nous avons vu que pour la science expérimentale ce sont elles qui, d'après Klebs, joueront un rôle très important. Tâchons d'interpréter d'une manière quelconque ce processus interne de la cellule vivante ; nous suivons ici la schématisation donnée par M. Klebs pour les conditions intérieures chez les algues et les champignons (1904, p. 488). Les processus internes de la cellule nous sont inconnus, mais, pour avoir quelque base, il faut essayer de les caractériser d'une manière quelconque. Dans l'état actuel de la science on peut, avec raison, s'appuyer sur les recherches nouvelles de la chimie physique, sur l'équilibre instable ou dynamique dont E. du Bois-Reymond, Van't Hoff et Ostwald ont fait ressortir la grande importance pour les processus vitaux. Dans les précis de chimie physique de la cellule et des tissus, Höber a donné un exposé clair et concret de ces phénomènes. Klebs s'appuie sur cet exposé dans son résumé. La forme la plus simple d'un pareil équilibre instable se présente dans la forme d'un processus chimique reversible où la réaction entre deux corps ne peut jamais prendre fin, parce que les nouveaux corps formés entrent en réaction entre eux ; il se produit une régénération. Ainsi en partant de l'alcool et de l'acide acétique on a, d'un côté, une formation d'étylacétique et d'eau, de l'autre côté reformation de l'alcool et de l'acide acétique.

C'est du degré de concentration des substances en réaction et de la température que dépend l'apparition plus ou moins rapide de l'équilibre entre les deux processus en présence. Mais cet état d'équilibre relativement stable ne sera jamais atteint si l'on prend la précaution d'enlever les produits de la réaction dans les mêmes proportions que l'on ajoute l'alcool et l'acide acétique. Le caractère essentiel d'un pareil équilibre instable en comparaison avec l'équilibre chimique stable, consiste dans la capacité de produire un travail. Selon Van't Hoff, un pareil système donne d'autant plus de travail qu'il est plus éloigné de la fin de la réaction. Un filament croissant de *Vaucheria* et de *Saprolegnia* représente un pareil équilibre dynamique capable de fournir du travail, parce que recevant toujours la nutrition de l'extérieur, les processus chimiques intérieurs n'arrivent jamais à leur fin.

La représentation du filament comme un système maintenu toujours dans l'équilibre instable ne peut donner aucune explication parce que les nombreux processus chimiques ayant lieu en même temps ne sont pas connus dans leurs détails. Mais à un certain point de vue, cette manière de comprendre présente un certain intérêt, parce qu'elle permet d'appliquer les principes de la chimie sur l'équilibre instable.

En première ligne, c'est la loi de l'action des masses de Guldberg et Waage qui dit que les réactions chimiques entre deux ou quelques corps dépendent des masses mises en présence dans la réaction, c'est-à-dire de la concentration. Par le changement de la concentration, on peut, dans un processus reversible, diminuer ou augmenter tantôt les matières en formation dans la réaction, tantôt les produits de la régénération. Le fait que les processus reversibles accélérés par un ferment peuvent, selon la concentration, marcher dans une ou dans une autre direction a une grande importance. Selon Hill (1898), c'est le même ferment qui d'un côté dédouble le maltose en glucose et de l'autre côté sous une concentration plus forte provoque la synthèse de glucose en maltose. C'est ainsi que la concentration selon son degré peut déterminer tantôt le processus d'assimilation, tantôt le processus de désassimilation. L'influence de la température considérée non comme accélératrice ou modératrice, mais comme ayant une action directrice est aussi très importante pour la compréhension des processus vitaux. De même, la teneur en eau du protoplasme et du suc cellulaire est très importante parce qu'elle a une action sur la concentration. Il est à prévoir que les recherches plus approfondies de ces phénomènes rendront plus facile la compréhension des processus de développement. Pour les considérations suivantes, il est important d'indiquer que les changements quantitatifs de la concentration, de la teneur en eau et de la température doivent avoir la plus grande influence sur les processus d'assimilation et de désassimilation dans la cellule, et aussi sur les processus des changements de formes.

Et le milieu extérieur, de quelle manière agit-il sur les conditions intérieures ? nous l'avons déjà indiqué dans l'analyse précédente, en parlant du changement de développement des algues et des champignons. « Les changements externes ont pour conséquence des changements quantitatifs internes qui produisent l'ensemble des conditions intérieures spéciales pour la réalisation d'un processus déterminé. » (Comp , *Rev. gén. Bot.*, 1906, p. 300).

Les pages précédentes nous ont montré comment la plante varie sous l'influence des conditions extérieures; nous avons essayé de tracer, d'après Klebs, une base théorique pour aider à la compréhension de la variation. Mais qu'est-ce que M. Klebs comprend sous le nom de variation?

Les travaux de la statistique de variation de Quettelet ont trouvé une application assez étendue dans la botanique ; ce sont Ludwig, Weisse, Vöchting, de Vries, Bateson, qui ont étudié les plantes à ce point de vue et qui ont cherché, pour chaque caractère variable, sa valeur moyenne et son amplitude de variation. La valeur moyenne nous représente la variante la plus fréquente ; plus les autres variantes s'en éloignent, plus rares elles deviennent. Dans le cas simple le plus typique, la variation peut être représentée par une courbe de Galton à un sommet.

« Mais cette fluctuation régulière vers une valeur moyenne n'est pas à comprendre comme un phénomène nécessairement lié avec la structure de la plante, ce n'est pas une expression d'une loi interne mystérieuse, donnée avec la nature de la plante. L'application du calcul des probabilités nous paraît embrouiller la question de la même manière que la découverte de Braun et Schimper qui avaient trouvé le moyen d'exprimer la position des feuilles dans des fractions continues régulières. Le calcul des probabilités est une méthode tout à fait indépendante de la nature du phénomène, c'est pourquoi il ne peut rien dire sur la nature des plantes. Son application au règne végétal repose sur ce fait que les *processus vitaux dépendent d'une quantité de facteurs extérieurs*, variant eux-mêmes dans certaines limites. La valeur moyenne d'un caractère, par exemple, de la taille de la feuille, de la longueur de l'entrenœud, du nombre des organes de la fleur, etc., correspond à une combinaison de facteurs extérieurs, se rencontrant le plus souvent, les variantes rares correspondent aux combinaisons rares.

La valeur moyenne n'est pas une grandeur constante, mais toujours le résultat des conditions accidentelles, elle doit changer avec le changement des conditions (1905, p. 303).

Ce fait se trouve déjà confirmé dans les travaux de Weisse, MacLeod, de Vries et aussi chez Mac-Callun (1891) et Reinöhl (1904). Ce problème est traité d'une manière très nette dans les derniers travaux de M. Klebs, surtout dans celui dont nous avons analysé les expériences probantes dans notre premier chapitre. M. Klebs y a démontré que la courbe de variation d'un caractère d'une plante, comme par exemple du nombre des étamines, est elle-même quelque chose de très variable.

On ne peut pas affirmer qu'il y ait une courbe normale nécessaire pour un caractère quelconque La courbe qu'on obtient n'est que la courbe pour une certaine combinaison de conditions, par exemple pour la combinaison des conditions momentanément réalisées dans la nature.

Nous ne pouvons plus ici insister sur le rôle que M. Klebs attribue à la statistique de la variation ni sur sa critique de l'application des règles de Quettelet à la variation (comp. Klebs, 1903, p. 141, 1905, p. 303, 1907, p. 79). Il nous reste encore à citer la définition de variation donnée par M Klebs :

Comme variation d'une espèce pure on comprend la totalité des changements de tous les caractères (qui sont à considérer comme des puissances de la structure spécifique) sous l'influence nécessaire des conditions extérieures changeantes (1908 p. 304).

Déjà Darwin a distingué les variations continues ou fluctuations et les variations discontinues (singles variations), dont il n'a apprécié l'importance que plus tard. C'est Bateson (1) qui, se basant sur une grande quantité de faits du règne animal distingue plus nettement ces deux espèces de variation ; la forme discontinue de variation joue, selon lui, le rôle essentiel dans la formation de nouvelles espèces.

Parmi les variations discontinues, il distingue les variations « méristiques », dans lesquelles il y a lieu un changement du nombre des organes et de leur répartition et les variations substantielles qui concernent les changements dans la forme et dans la couleur. Si une plante à fleurs hexamères, comme la tulipe, donne brusquement des descendants à fleurs trétramères, nous avons alors un cas de variation discontinue méristique. Si une plante à fleurs rouges donne des descendants à fleurs blanches, nous avons le cas de variation substantielle.

Dans sa théorie de la Mutation, de Vries change la notion de Bateson ; il place les variations méristiques parmi les variations continues ou fluctuations Mais quelles sont les différences entre les variations (d'après de Vries, la fluctuation) et les mutations ? Si nous voulons nous abstraire de la question de l'hérédité, il y aura les différences suivantes :

1° Les fluctuations sont linéaires ; elles changent l'intensité de propriétés présentes, mais elles ne changent pas leur nature. Les mutations provoquent de nouvelles propriétés ;

2° Les fluctuations suivent les règles de Quettelet, les mutations ne le font pas ;

3° Les fluctuations dépendent des conditions de nutrition ; les mutations en sont indépendantes, parce qu'elles apparaissent périodiquement sous l'influence de causes inconnues.

M. Klebs oppose à M. de Vries ce fait que dans la variation provoquée artificiellement, par exemple chez *Sempervivum*, se trouvent les variations continues ainsi que les variations discontinues ; on constate l'apparition de nouveaux caractères, qui n'avaient pas été observés jusqu'ici dans cette famille, et, en même temps, des changements dans les caractères observés déjà : ces deux modes de changements sont dus aux variations du milieu extérieur. La valeur de l'application des règles de Quettelet a été déjà traitée plus haut.

D'ailleurs, ces deux modes de variation ne sont pas faciles à distinguer ; ils ne représentent que deux extrêmes qui sont liés par des formes de passage.

L'apparition brusque de nouveaux caractères dans les mutations d'une manière discontinue, n'est pas absolument caractéristique de ce mode de variation ; comme l'a déjà démontré Reinke, Errera, Detto, on peut se représenter l'apparition de caractères de variation (fluctuation) par voie discontinue, par l'apparition soudaine de petits changements.

De ces expériences sur le *Sempervivum* et le *Sedum*, dit M. Klebs.

---

(1) Les faits qui ont servi à Bateson pour former sa théorie, sont pris du règne animal.

résultent une objection contre les thèses de M. de Vries, qui se laisse résumer d'une manière suivante :

« Dans des plantes comme le *Sempervivum* et *le Sedum*, grâce aux changements déterminés dans le monde extérieur apparaissent des variations continues, ainsi que des variations discontinues et des formes de passages entre ces deux modes de variation ». Il nous reste à discuter la question de l'hérédité. Sur ce problème Klebs s'explique :

« En ce qui concerne la question de l'hérédité, Bateson et de Vries peuvent avoir raison en affirmant que ce sont les variations discontinues qui se transforment en caractères héréditaires, c'est pourquoi elles sont en première ligne essentielles pour la transformation des espèces. Mais cela ne peut avoir le caractère d'une loi générale et des variations continues relativement petites peuvent aussi devenir héréditaires. Les différences entre les 200 espèces élémentaires de *Draba verna* reposent sur de petites différences quantitatives. Quelles sont les circonstances qui font qu'une variation devient héréditaire ? Cette question n'a pas encore été résolue jusqu'à présent. Mais il s'ouvre déjà devant nous de nouvelles voies qui permettent d'aborder ce problème le plus difficile, mais aussi le plus intéressant de la biologie. Le fait que de pareilles variations, pouvant devenir des caractères de races héréditaires de culture, se laissent provoquer par le changement du milieu ambiant, peut servir comme point de départ. Il en résulte la possibilité d'obtenir de nouvelles races à l'aide de pareilles variations.

Des expériences de ce genre ont été fait déjà avec succès. Blaringhem paraît, par des traumatismes du Maïs, avoir obtenu une véritable race. De quelques rejetons d'une plante sauvage connue comme bonne espèce, de *Veronica Chamædrys* j'ai réussi (Klebs, 1906) à obtenir en trois années une quantité de nouvelles formes, dont quelques-unes se reproduisent par semence et par voie végétative comme une demi-race. Les expériences ne sont pas encore décisives, parce que Blaringhem a travaillé avec une plante de culture qui d'elle-même a la tendance à former de nouvelles races, les nouvelles formes obtenues dans les expériences de *Veronica* ne sont pas encore assez stables. On ne peut s'attendre à ce qu'un problème pareil puisse être résolu tout d'un coup, mais l'on fait déjà un grand pas en avant, en abordant un problème pareil par voie expérimentale. Jusqu'à présent les nouvelles races étaient obtenues par hasard ; c'est le hasard qui a joué ici le rôle principal, il s'agit maintenant de remplacer le hasard par la méthode » (1907, p. 99).

BIBLIOGRAPHIE

1903. Klebs, G., Willkürliche, Entwickelungsänderungen bei Pflanzen (Fischer, Iéna).

1904. Id., Ueber probleme der Entwickelung. (*Biolog. Centralbl.*, vol. xxiv).

1905. Id., Ueber Variationen der Blüten (*Jahrb. f.*, *Wiss. Bot.* vol. xlii)

1906. Id., Ueber künstliche Metamorphosen (*Abhandlungen des naturforschenden Gesellschaft, zu Halle*, vol. xxv).

1907. Id., Studien über Variation (*Archiv. für. Entwickelungsmechanik des Organismen*, vol. xxiv).

1884. Bary de, Morphologie und Physiologie des Pilze.

1894. Bateson, Materials for the study of Variation.

1898. Benecke, Ueber die Kulturbedingungen einiger Algen. (*Bot. Zeitg.*).

1906. Id., Einige Bemerkungen, über die Bedingungen des Fruchtens and Blühens der Gewächse (*Bot. Zeitg.*).

1907. Blaringhem, Mutation et traumatismes.

1905. Czapek, Biochemie der Pflanzen.

1868. Darwin, Ch. The variation of animals and plants.

1904 Detto, Die Theorie der direkten Anpassung. (Fischer, Iéna).

1906. Diels L., Jugendformen und Blütenreife im Pflanzenreich.

1904. Fruwirth, Die Züchtung der landwirtschaftlichen Gewächse II (Parey, Berlin).

1880-82 Göbel , Beiträge sur Morphologie and Physiologie der Blätter (*Bot. Zeitg.*).

1886. Id. Beiträge zur Kenntniss der gefüllten Blüten (*Pringsh. Jahrb.*, xvii).

1898-1900. Id. Organographie der Pflanzen.

1904. Göbel, Die kleistogamen Blüten and die Anpassungstheorie. *Biolog*, *Centralbl.*).

1894. Giard. Sur certains cas de dédoublement des courbes de Galton, dus au parasitisme et sur le dimorphisme d'origine parasitaire. (*Compt. Rend. A. Sc., Paris*).

1896 Naacke, Entwicklungsmechanische Untersuchungen (*Biologisches Centralblatt*).

1892. Herbsts, Experimentelle Untersuchungen uber den Einfluss der veränderten chemischen Zusammensetzung des umgebenden Mediums auf die Entwickelung der Tiere. (*Zeitschrift für wissentchaftliche Zoologie*, vol. 55).

1898. Hill Arthur, Croft. Journal of the Chemical Society, vol. 73, p. 634.

1906. Höber, Physikalische Chemie der Zelle und gewebe. (Engelmann, Liepsig).

1904. Horn, Experimentelle Entwicklungsänderungen der *Achlya polyandra* (Thèse Halle, aussi *Anal. Mycologici*).

1903. Johannsen, M., Erblichkeit in Populationen und reinen Linien.

1899. Kassowitz, Allgemeine Biologie, vol. II.

1877. Ludwig, Divers travaux daus *Botanisches Centralblatt,* 1895, 1896, 1897, 1898, 1900.

1897. Möbius, Beiträge zur Lehre von der Fortpflanzung.

1891. Moquin-Tandon, Éléments de Tératologie.

1886. Masters, Pflanzenteratologie.

1895. Molliard, Recherches sur les cécidies florales. (*Ann. Sc. Nat. Ser. VIII, t. I*).

1902. Id., Fleurs doubles et parasitisme. (*Compt. Rend. Ac. Sc.*, Paris).

1884. Naegeli, Mechanisch-physiologische Abstammungslehre.

1893. Id., Ueber oligodynamische Erscheinungen in lebenden Zellen. (*Denkschrift schweiz. Naturforsch. Gesellsch.*, vol. 33.

1890-1894. Penzig, Pflanzenteratologie.

1877. Peyrisch, Untersuchungen über die Aetiologie, pelorischer. Blütenbildungen.

1897 1901-1904. Pfeffer, Pflanzenphysiologie.

1901. Reinke, Einleitung in die theoretische Biologie.

1903. Reinöl, Die variation am Androceum der *Stellaria media.* (*Bot. Zeit.*).

1876-1880. Rimpau, Ueber das Aufschiessen der Runkelrüben (*Landwirsch. Jarhb.*, vol. V, IX).

1864 Sachs, Wirkung des Lichtes auf die Blütenbildung Gesammelte Abhandlungen.

1906. Seliber, Les conditions extérieures et la reproduction chez quelques groupes du règne végétal (Analyse des travaux de Klebs) (*Rev. gén. de Bot.* vol. 18).

1900. Strohmer, Briem und Stift., Mehrjährige Zuckerrüben und deren Nachzucht (*Oester. Zeitchr. f. Zucker* XXIX).

1904. Tames, On the influence of nutrition on the fluctuating variability of some plants. (R. Akad. Wetens. Amsterdam).

1893. Vöchting, Ueber dem Einfluss des Lichtes auf die Gestaltung und Anlage der Blüten (*Jahrb. f. wiss. Bot.*, vol. XXV)

1893. Id., Ueber Blütenanomalien (*Jahrb. f. wiss. Bot.*, vol. XXXI).

1895 de Vries, Eine zweigipfelige Variationskurve (*Arch. f. Entw. Mech.*, vol. I).

1901-1903. Id., Mutationstheorie.

CHRONIQUES ET NOUVELLES

M. F. Cortesi, a été nommé chargé du Cours de Botanique pharmaceutique, à l'Université de Rome.

M. J.-W.-C. Goethart, a été nommé Lecteur de Botanique systématique, à l'Université de Leide.

M. Wohltmann, a été nommé directeur de l'Institut agricole de l'Université de Halle.

⁂

M. le professeur Treub a quitté ses fonctions de Directeur de l'Institut botanique de Buitenzorg. Avant son départ de Java, ses élèves ainsi que les travailleurs des laboratoires lui ont offert un volume où se trouvaient réunis des travaux inédits de nombreux botanistes amis ou disciples de M. Treub, et, M. Charles Bernard lui a exprimé, au nom de tous, les regrets causés par son départ, de cet établissement qu'il a si longtemps dirigé et à l'extension duquel il a si activement contribué.

⁂

Sur la demande de la Société botanique du Limousin, le Conseil municipal de Limoges vient de décider que le nom d'Édouard Lamy sera donné au Jardin Botanique de cette ville. — Le nom d'Ernest Rupin a été donné au Musée communal de Brive, en mémoire du fondateur et organisateur de ce musée.

⁂

La Société nationale d'Agriculture a décerné une médaille d'or à M. Raoul Combes, pour ses Recherches sur l'influence qu'exerce la lumière sur la végétation; un diplôme de médaille d'or à M. Bois, pour ses travaux sur les Plantes cultivées; une médaille d'argent a été accordée à M. Legault, pour un manuel sur la Détermination des principales maladies des plantes.

⁂

M. Henri Agulhon a soutenu, le 4 février, une thèse devant la Faculté des sciences de Paris : *Recherches sur la présence du bore chez les végétaux.* M. René Huerre a soutenu, devant la même Faculté, une thèse intitulée *Contribution à l'étude de la maltase.*

Lille. — Imp. Le Bigot frères. Le Gérant, Pieters.

Zones de Végétation de la partie inférieure du bassin de la MAUDRE (S.et O)
LÉGENDE
I. Zone des alluvions modernes
II. Zone des alluvions anciennes
III Zone des coteaux calcaires et des terres marneuses
IV Zone de l'argile plastique
V Zone des îlots siliceux
Va argile à silex
Vb Lutétien supérieur décalcifié
Vc Sables de Beauchamp
Vd Sables de l'Orléanais
VI. Zone de l'argile verte
VII Zone des sables de fontainebleau
VIII Zone des plateaux meuliers.
Echelle
0
1
2
3 Kil
Hardricourt
MEULAN
Guitrancourt
Issou
Gargenville
Juziers
Les Mureaux
Porcheville
Mézières
Aubergenville
Epone
La Falaise
Nezel
Flins
Bouafle
Chapet
Ecquevilly
FORÊT DES ALLUETS
Morainvilliers
Aulnay
Maule
Les Alluets le Roi
Jumeauville
Herbeville
Mareil sur Mauldre
Montainville
Crespières
Davron
Beynes
Thiverval
Saulx Marchais
St Germain de la Grange
Villiers
NEAUPHLE le Château
Plaisir
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII

H. Humbert

Bertin sc.

Végétation du bassin de la Maudre.

MODE DE PUBLICATION & CONDITIONS D'ABONNEMENT

La *REVUE GÉNÉRALE DE BOTANIQUE* paraît le 15 de chaque mois et chaque livraison est composée de 32 à 64 pages avec planches et figures dans le texte.

Le prix annuel (payable d'avance) est de :

20 fr. pour Paris, les Départements et l'Algérie.
22 fr. 50 pour l'Étranger.

Aucune livraison n'est vendue séparément.

Adresser les demandes d'abonnements, mandats, etc., à M. l'Administrateur de la LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT, 1, rue Dante, à Paris.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. Gaston BONNIER, professeur à la Sorbonne, 15, rue de l'Estrapade, Paris.

Il sera rendu compte dans les revues spéciales des ouvrages, mémoires ou notes dont un exemplaire aura été adressé au Directeur de la Revue générale de Botanique. *De plus, l'ouvrage envoyé sera annoncé immédiatement sur la couverture.*

Les auteurs des travaux insérés dans la *Revue générale de Botanique* ont droit gratuitement à vingt-cinq exemplaires en tirage à part.

PRINCIPAUX COLLABORATEURS

DE LA

Revue générale de Botanique

Aubert, docteur ès sciences.

Battandier, professeur à l'École de médecine d'Alger.

Becquerel (Paul), docteur ès sciences.

Bernard, maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Caen.

Blaringhem, docteur ès sciences.

Boergesen, docteur ès sciences de l'Université de Copenhague.

Bonnier (Gaston), membre de l'Académie des Sciences.

Bornet, membre de l'Académie des Sciences.

Boudier, président de la Société de Mycologie.

Boutroux, professeur à la Faculté des Sciences de Besançon.

Briquet, prof. à l'Université de Genève.

Brunotte, chargé de cours à l'École de pharmacie de Nancy.

Chauveaud, directeur-adjoint à l'École des Hautes-Études.

Costantin, professeur au Muséum d'Histoire naturelle.

Coupin, chef de travaux à la Sorbonne.

Daniel, professeur à la Faculté des Sciences de Rennes.

Dassonville, de l'Institut Pasteur.

Devaux, professeur à l'Université de Bordeaux.

Dubard, maître de Conférences à la Sorbonne.

Ducamp, docteur ès sciences.

Dufour, directeur-adj. du Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau.

Eriksson (Jakob), professeur à l'Académie royale d'Agriculture de Suède.

Finet, préparateur au Muséum.

Flahault, professeur à l'Université de Montpellier.

Flot, docteur ès sciences.

Fockeu, profes. à l'Université de Lille.

Friedel (Jean), Conservateur des Collections botaniques de la Sorbonne.

Gain, prof.-adj. à l'Université de Nancy.

Gallaud, docteur ès sciences.

Gatin, docteur ès sciences, preparateur à la Sorbonne.

Giard, membre de l'Académie des Sciences.

Goldberg, docteur ès sciences de l'Université de Varsovie.

Grélot, professeur à l'École supérieure de pharmacie de Nancy.

Griffon, professeur à l'École supérieure d'Agriculture de Grignon.

Guignard, membre de l'Académie des Sciences.

Guilliermond, docteur ès sciences.

Heckel, prof. à l'Université de Marseille.

Henry, prof. à l'École forestière de Nancy.

Hérissey, chef de travaux à l'École supérieure de Pharmacie de Paris.

Hervier (l'abbé Joseph).

Hickel, inspecteur des forêts.

Hochreutiner, docteur ès sciences, de l'Université de Genève.

Houard, Lauréat de l'Institut.

Houlbert, docteur ès sciences.

Hue (l'abbé), lauréat de l'Institut.

Hy (l'abbé), professeur à la Faculté catholique d'Angers.

Jaccard, professeur au Polytechnicum de Zurich.

Jacob de Cordemoy (H.), chargé de cours à l'Université de Marseille.

Janczewski (de), professeur à l'Université de Cracovie.

Jonkman, de l'Université d'Utrecht.

Jumelle, professeur à la Faculté des Sciences de Marseille.

Kolderup Rosenvinge, docteur ès sciences, de l'Université de Copenhague.

Kövessi, inspecteur de la viticulture de Hongrie.

Lagerheim (de), prof. à l'Université de Stockholm.

Laurent, professeur à l'École de médecine de Reims.

Leclerc du Sablon, professeur à la Faculté des Sciences de Toulouse.

Lefèvre (J.), professeur à l'École des Sciences du Hâvre.

Lesage, maître de Conférences à l'Université de Rennes.

Lothelier, docteur ès sciences.

Lubimenko, assistant au Jardin Nikita, Crimée.

Macmillan (Conway), professeur à l'Université de Minnesota.

Magnin, prof. à l'Univers. de Besançon.

Maige, professeur à l'École supérieure des Sciences d'Alger.

Matruchot, prof.-adjoint à la Sorbonne.

Mer, directeur de la Station forestière de l'Est.

Mesnard, professeur à l'École de médecine de Rouen.

Mirande, professeur à l'Université de Grenoble.

Molliard, Chargé de cours à la Sorbonne.

Palladine, prof. à l'Université de Saint-Pétersbourg.

Paulsen (Ove), docteur ès sciences de l'Université de Copenhague.

Posternak, docteur ès sciences de l'Université de Zurich.

Poulsen, docteur ès sciences de l'Université de Copenhague.

Prillieux, membre de l'Académie des Sciences.

Prunet, prof. à l'Université de Toulouse.

Rabot (Charles), explorateur.

Ray, maître de conférences à l'Université de Lyon.

Richter (André), assistant à l'Université de Saint-Pétersbourg.

Ricôme, maître de Conferences à l'Université de Lille.

Russell (William), docteur ès sciences.

Sabline, de l'Université de Saint-Pétersbourg.

Seignette, docteur ès sciences.

Smirnoff, de l'Université de St-Pétersbourg.

Téodoresco, docteur ès sciences, professeur à l'Université de Bucharest.

Thouvenin, professeur à l'École de médecine de Besançon.

Trabut, prof. à l'École de médec. d'Alger.

Tswett, de l'Université de Varsovie.

Vallot (J.), directeur de l'Observatoire du Mont-Blanc.

Van Tieghem, membre de l'Académie des Sciences.

Viala, prof. à l'Institut agronomique.

Viguier, docteur ès sciences, préparateur au Muséum d'Histoire naturelle.

Vries (Hugo de), professeur à l'Université d'Amsterdam.

Vuillemin, professeur à la Faculté de médecine de Nancy.

Warming, prof. à l'Univ. de Copenhague.

Zeiller, membre de l'Académie des Sciences.

Lille. — Imp. Le Bigot frères.

Le Gérant, Ch. Piéters.

REVUE GÉNÉRALE
DE
BOTANIQUE

DIRIGÉE PAR

M. Gaston BONNIER

MEMBRE DE L'INSTITUT,
PROFESSEUR DE BOTANIQUE A LA SORBONNE

TOME VINGT-DEUXIÈME

Livraison du 15 Mars 1910

N° 255

Entered at the New-York Post Office
as Second Class matter.

PARIS
LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT
1, RUE DANTE, 1
1910

LIVRAISON DU 15 MARS 1910

Pages

I. — SUR LES FEUILLES JUVÉNILES DES JEUNES PLANTULES ET DES RAMEAUX ADVENTIFS (avec figures dans le texte), par **M. Th. Nicoloff** . . . 113

II. — SUR LE MÉCANISME DE LA CIRCULATION DE L'EAU DANS LES PLANTES, par **M. Leclerc du Sablon** 125

III. — RECHERCHES SUR L'INFLUENCE D'UN MOUVEMENT CONTINU RÉGULIER IMPRIMÉ A UNE PLANTE EN VÉGÉTATION NORMALE (avec figures dans le texte), par **M. Paul Parmentier** . . . 137

IV. — NOTES BIBLIOGRAPHIQUES 141

V. — CHRONIQUES ET NOUVELLES 144

Cette livraison renferme quinze figures dans le texte.

Pour le mode de publication et les conditions d'abonnement voir à la troisième page de la couverture.

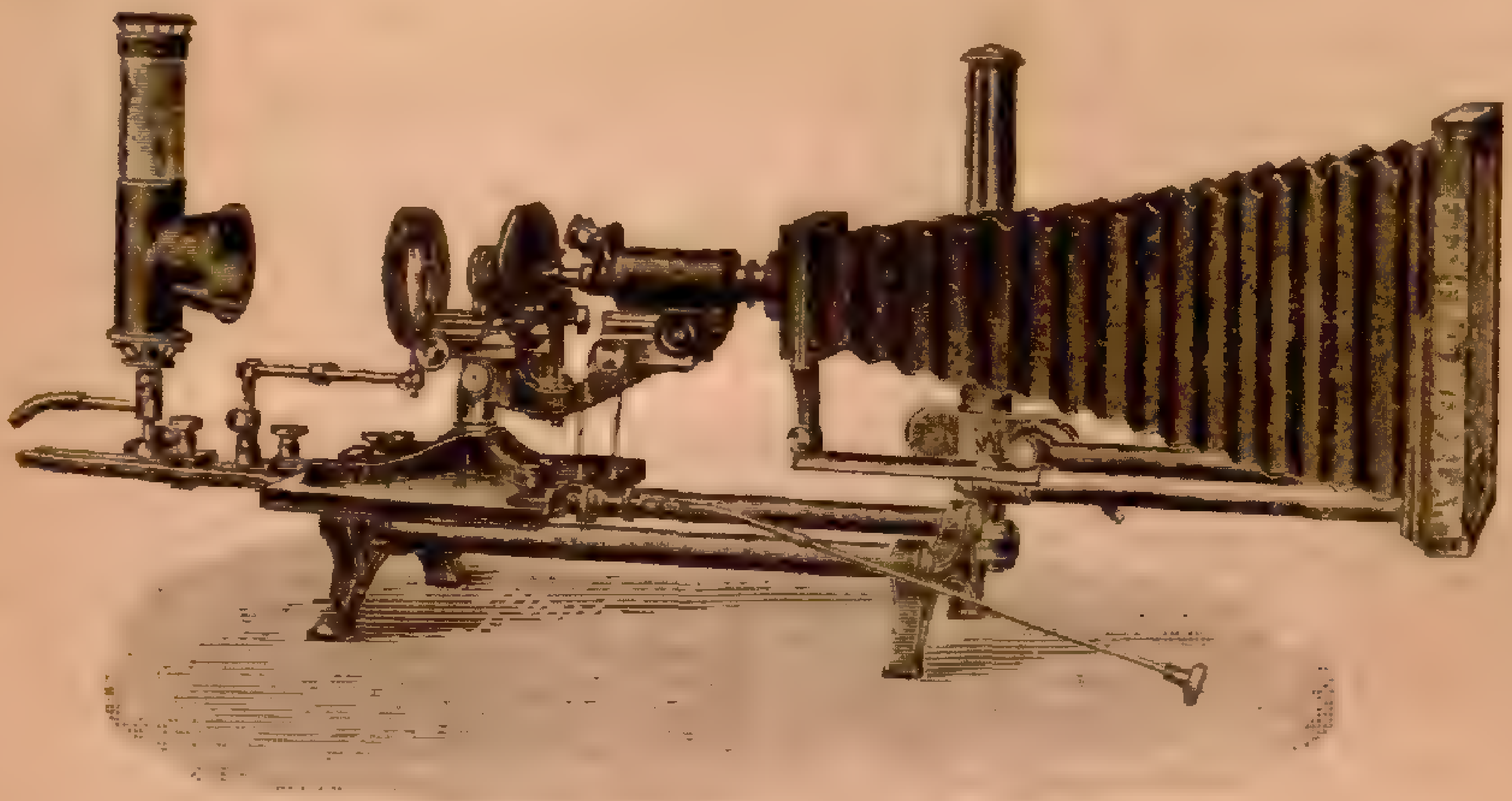
Pour tout ce qui concerne les Annonces, s'adresser à Monsieur l'Administrateur de la Librairie générale de l'Enseignement, 1, rue Dante, Paris (V^e).

E. LEITZ, WETZLAR

Berlin, Francfort-s/-M., St-Pétersbourg, Londres. New-York, Chicago.

Dépositaires à Paris

MM. E. COGIT & Cie, 36, boulevard St-Michel



MICROSCOPES pour travaux Scientifiques et Techniques.

MICROTOMES. — Appareils microphotographiques et de projection. — **Objectifs** photographiques, Jumelles à prismes.

Catalogues spéciaux. — Envoi sur demande gratis et franco.

SOCIÉTÉ

LUMIÈRE & SES FILS

LYON-MONPLAISIR

FABRIQUE DE

PLAQUES & PELLICULES & PAPIERS
PRODUITS PHOTOGRAPHIQUES & &

PHOTOGRAPHIE directe des COULEURS
PAR LES
"PLAQUES AUTOCHROMES"

(Procédé Auguste et Louis LUMIÈRE, breveté dans tous les Pays)

EN VENTE PARTOUT

Les Fils d'Émile DEYROLLE, Naturalistes
PARIS · 46, rue du Bac, 46 · PARI
TÉLÉPHONE 729-27
Usine à Vapeur : 9, rue Chanez, PARIS-AUTEUIL

Sciences Naturelles
ZOOLOGIE — BOTANIQUE — GÉOLOGIE — MINÉRALOG
TECHNOLOGIE

Instruments pour la Recherche des objets d'Histoire naturelle et leur classement en collectio

BOCAUX - BOITES A BOTANIQUE - CARTONS A HERBIER - CUVES
DÉPLANTOIRS - LOUPES - PAPIER BOTANIQUE

Pièces d'Anatomie végétale, d'Anatomie humaine et comp

Cabinets et Collections d'Histoire naturelle

Collections générales et spéciales — Physiologie - Technologie

Micrographie — Projection
Appareils — Préparations microscopiques
Microphotographies sur verre pour projections

CATALOGUES EN DISTRIBUTION

Les Catalogues concernant les Spécialités suivantes sont adressés **Gratis et Franco**

- **Cabinets de Physique, de Chimie et Instruments de précision.**
- **Projections pour l'enseignement,** lanternes de projections, etc.
- **Enseignement technique, Collections** et **Materiel.**
- **Pièces d'anatomie humaine comparée** et **botanique** en staff et cire.
- **Mammifères. Oiseaux, Reptiles** et **Poissons**, prix à la pièce.
- **Squelettes montés,** prix à la pièce.
- **Insectes européens** et **exotiques,** prix à la pièce.
- **Coquilles,** prix à la pièce.
- **Animaux invertébrés en alcool,** prix à la pièce.
- **Fossiles** et **Minéraux**, prix à la pièce.
- **Cabinets** et **Collections d'histoire natu** pour les enseignements primaire, se daire et supérieur.
- **Livres d'histoire naturelle.**
- **Instruments** pour l'étude des sc naturelles.
- **Microscopes, Microtomes.**
- **Préparations microscopiques,** instrum pour la **Micrographie**
- **Meubles** pour le rangement des colle
- **Tableaux d'histoire naturelle.** colle toile avec bâton haut et bas. me 1m10 × 0m90, destinés à l'enseign secondaire et supérieur.
- **Mobilier et Matériel d'enseignement** les écoles enfantines, primaires, ly collèges, facultes, etc.
- **Musée scolaire** pour leçons de choses.

Appareils & Produits Chimiques pour Bactériologie

MICROGRAPHIE — PHOTOGRAPHIE — MICROPHOTOGRAPHIE
RÉACTIFS — MATIÈRES COLORANTES PURES
PRODUITS PURS POUR ANALYSES — VERRERIE SOUFFLÉE & GRADUÉE

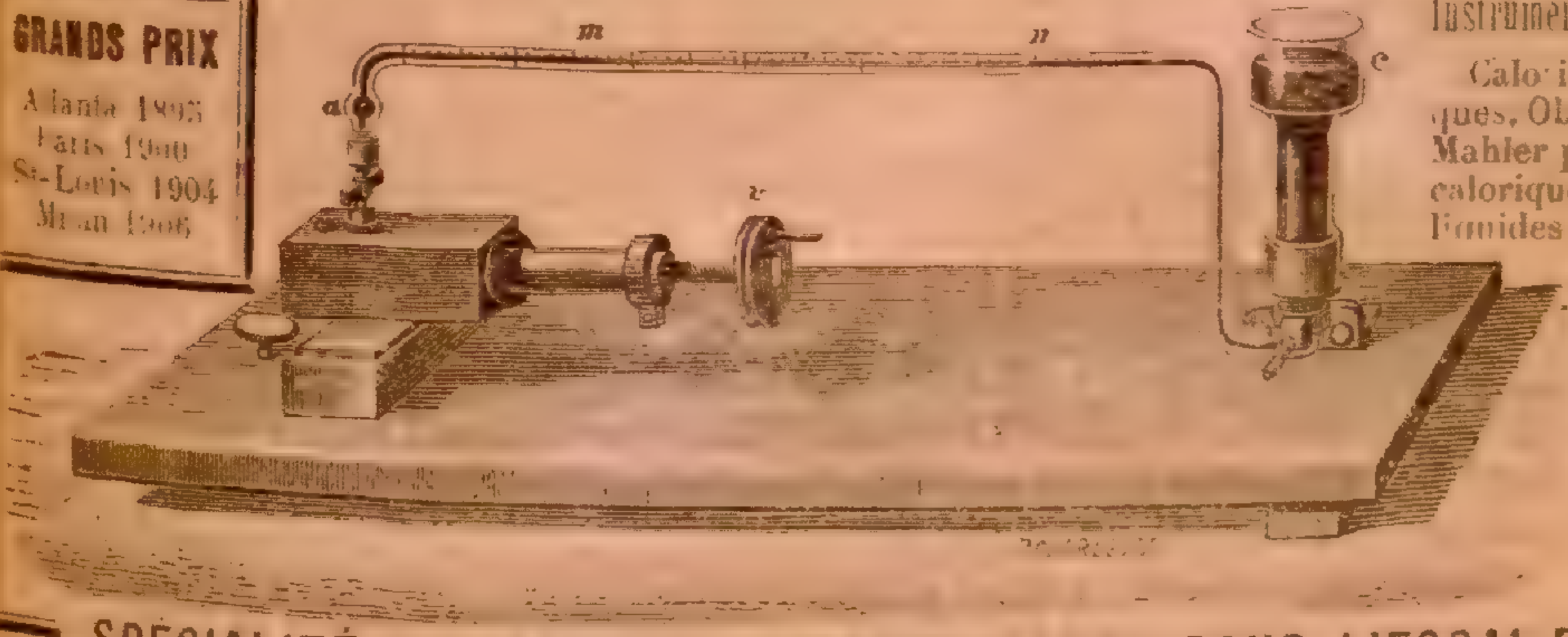
CONSTRUCTION D'INSTRUMENTS de PRÉCISION
destinés aux Arts, aux Sciences et à l'Industrie
Ancienne Maison SALLERON-DEMICHEL

Les Établissements POULENC Frères
122, Boulevard Saint-Germain.— PARIS

Fournisseurs de la Faculté des Sciences de Paris, du Muséum d'Histoire Naturelle, de l'Institut Pasteur, etc., etc.

L. GOLAZ, Constructeur, 23, Avenue du Parc de Montsouris, **PARIS** (14e)

GRANDS PRIX
Atlanta 1895
Paris 1900
St-Louis 1904
Milan 1906



Instruments pr la Physique et la Chimie

Calorimètres. Bombes calorimetriques, Obus calorimétriques de M. R Mahler pour l'estimation du pouvoir calorique des combustibles solides, fluides et gazeux.

Appareil de MM Bonnier et Mangin, pour l'analyse des Gaz.

Cet appareil est construit spécialement pour les laboratoires de botanique

Trompes et Rampes à Vide
Pompes pour pression
Grisoumètre. Cryoscope

SPÉCIALITÉ D'APPAREILS ENREGISTREURS POUR L'ESSAI DES EXPLOSIFS

C. FONTAINE

18, rue Monsieur-le-Princ
PARIS

CHIMIE

Bactériologie
Micrographie

Fournitures diverses
pour Laboratoires

VERRERIES
ET
APPAREILS

CHIMIE

Électricit
Photographi

Appareils divers
pour Cabinets

PRODUIT
CHIMIQU

VIENT DE PARAITRE

FLORE DE FRANCE

ou description des Plantes
qui croissent spontanément en France, en Corse
et en Alsace-Lorraine

PAR

G. ROUY

TOME XI. — *(Scrofulariacées à Labiées)*

En vente chez les Fils d'EMILE DEYROLLE, 46, rue du Bac, PARIS. — Prix : 8 fran

MICROGRAPHIE - BACTÉRIOLOGIE

E. COGIT & Cie
36, Bd St-Michel
PARIS

Constructeurs
d'Instruments
et d'Appareils
pour les Sciences

Dépôt pr la FRANCE
DES MICROSCOPES
de E. LEITZ

MODÈLES SPÉCIAUX POUR LA BACTÉRIOLOGIE
Microscope binoculaire

Microtomes MINOT et Microtomes de toutes marques
Produits chimiques et Colorants spéciaux
pour la MICROGRAPHIE et la BACTÉRIOLOGIE

Dépôt des Produits de GRÜBLER & Cie, de Leipzig
Étuves à Culture, Autoclaves, Installations complètes
de Laboratoires, Milieux de Culture stérilisés

Nouvel Appareil Microphotographique COGIT

Préparations microscopiques
DANS TOUTES LES BRANCHES
DE L'HISTOIRE NATURELLE
MÉDAILLE D'OR A L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1900

Embryologie. — Anatomie normale et pathologique. — Zoologie générale. — Sédiments urinaires. — Bactéries. — Physiologie et Anatomie végétale. — Textiles et papiers. — Champignons parasites. — Ferments. — Mousses. — Lichens. — Algues. — Diatomées. — Matières alimentaires et falsifications — Pharmacie. — Minéralogie. — Objet préparés non montés en séries. — Co- lections spéciales pour les Lycées, Col lèges et Ecoles normales, etc.

J. TEMPÈRE
Préparateur-Micrographe
à Gretz-sur-Loing (S.-M.).

☞ Envoi du Catalogue général franco sur demand

LILLE. — LE BIGOT FRÈRES

Le Gérant. Ch. PIETERS

SUR LES FEUILLES JUVÉNILES DES JEUNES PLANTULES

et des rameaux adventifs

par M. Th. NICOLOFF

Les feuilles des jeunes plantules diffèrent assez souvent par leurs formes et par leurs dimensions de celles des plantes adultes. Beaucoup de végétaux nous offrent ce phénomène. Tel est, par exemple, l'*Eucalyptus globulus* dont les feuilles juvéniles sont sessiles, ovales et opposées, tandis que les feuilles adultes (chez les arbres âgés) sont pétiolées, insérées à différentes hauteurs de la branche et ont aussi une autre forme et consistance. Tels sont ensuite certains représentants du genre *Acacia*, dont les plantules ont les feuilles doublement pennées, tandis que les individus adultes ont des phyllodes de forme et de consistance également toutes différentes. Telles sont beaucoup de plantes aquatiques, comme les Alismacées, les Pontédériacées, les Potamogétonacées et d'autres chez lesquelles, quelles que soient les formes foliaires des individus adultes, les jeunes pousses ont toujours des feuilles linéaires. De même se comportent quelques plantes grimpantes, comme le *Pothos celatocaulis* (1) dont les premières feuilles sont sessiles et appliquées contre le tronc qui sert de support à la plante, tandis que les feuilles ultérieures sont plus ou moins pétiolées, plus grandes et détachées du tronc-support.

Le grand nombre de ces cas a attiré l'attention des botanistes. Gœbel s'en est occupé à plusieurs reprises (2), mais on trouvera la littérature du sujet dans un travail d'ensemble de Schaffer (3), dans lequel l'auteur discute méthodiquement la signification des cas recueillis par l'observation des botanistes précédents. Schäffer se préoccupe surtout de savoir si les formes foliaires,qui apparaissent successivement pendant le développement ontogénétique d'une espèce, peuvent nous permettre de tirer des renseignements sur le développement phylétique de cette même espèce et conclut que les formes des feuilles des jeunes âges peuvent être ramenées à des formes phylétiquement plus anciennes et que c'est là une loi générale. Gœbel, qui s'intéresse bien plus aux rapports entre les agents extérieurs et la forme des organes, n'est pas si affirmatif et distingue des formes juvéniles de significations différentes. Ainsi, les cas des *Acacia* à phyllodes et des *Eucalyptus* nous donnent des exemples de formes rappelant des états ancestraux et ceux des feuilles juvéniles des représentants des familles aquatiques citées plus haut offrent des formes provenant de l'influence du milieu ambiant et n'ayant pas de valeur phylétique, à moins que la forme rubanée des jeunes états chez ces familles ne soit un retour à la forme rubanée qui est typique chez les monocotylédones en général. Enfin, d'après Gœbel, chez le *Pothos celatocaulis*, on a certainement une forme foliaire dérivée (abgeleitete Blattform) qui ne rappelle nullement des formes foliaires adultes chez les espèces voisines. Ces considérations de Gœbel,ainsi que le fait que beaucoup de plantes ne présentent pas de différence marquée entre les feuilles des jeunes âges et celles des âges adultes, démontrent bien que les jeunes formes des plantes ne peuvent pas toujours être utilisées pour la recherche de la parenté entre les plantes et que la loi biogénétique, contrairement à ce que pense Schäffer, ne peut avoir de portée générale.

---

(1) Gœbel. Organographie, p. 136.

(2) Gœbel. Ueber die Jugendzustände der Pflanzen (Flora, 1889). V. aussi les *Pflanzenbiol. Schild.*, etc.

(3) Dr C. Schäffer. Ueber die Verwendbarkeit des Laubblattes der heute lebenden Pflanzen zu phylogenetischen Untersuchungen (In Abhandlungen aus dem Gebiete der Naturwissenschaften, herausg. v. Naturw. Verein in Hamburg., XIII Band, 1895.

Quoi qu'il en soit, les cas des feuilles juvéniles des plantules qui rappellent les feuilles des âges adultes d'espèces voisines, pourraient avoir aussi une grande valeur pour la Systématique; ils pourraient nous aider à résoudre des problèmes de parentés ainsi qu'à nous donner des indications concernant l'âge relatif de certains genres ou espèces. Il est évident que si, par exemple, nous avons deux espèces (resp. genres) voisines dont l'une a des feuilles composées et l'autre des feuilles simples et que les feuilles juvéniles des plantules de l'espèce à feuilles simples soient composées, il est évident que l'espèce à feuilles simples est de formation plus récente que celle à feuilles composées. Nous n'avons qu'à nous rappeler, sous ce rapport, le cas des *Acacia* à phyllodes. — Pour que les résultats soient plus faciles à saisir, il serait intéressant surtout de faire des observations sur des plantes qui sont isolées par la forme de leurs feuilles des autres représentants du genre ou de la famille auxquels elles appartiennent. Avec cette sorte d'observations sur une série de végétaux, on aurait entamé la question sous une nouvelle face et obtenu des résultats encore plus concluants. A titre de recherches préalables, j'ai voulu examiner deux plantes bien caractéristiques : *Acer Negundo*, qui a les feuilles composées tandis que les autres *Acer* les ont simples, et *Fraxinus excelsior*, le genre *Fraxinus* appartenant à une famille dont la majorité des représentants a également des feuilles simples.

Ayant semé des graines d'*Acer Negundo* vers le 15 avril 1909, les pousses ont levé deux semaines plus tard, étalant les cotylédons qui persistèrent, jouant un rôle assimilateur pendant plus de deux mois. La première paire de feuilles qui est venue se placer dans un plan perpendiculaire à celui des cotylédons s'est montrée bientôt. Ces premières feuilles étaient simples (fig. 1), dans la majorité des plantules, à bords entiers, rappelant de très près les feuilles adultes de l'*Acer tataricum*. Les deuxième et troisième paire avaient les feuilles également simples, mais dentelées. Quelques-unes des dents sont très grandes et indiquent déjà les endroits où les folioles, dans les feuilles ultérieures, se sépareront du limbe de la feuille juvénile qui, alors, ne formera plus que la foliole terminale de la feuille composée. Ce qui est à l'état d'ébauche dans la deuxième et surtout dans la troisième paire s'achèvera, suivant les plantules, dans la quatrième, la cinquième, etc. paires. Tout en étant simples, les feuilles de la deuxième, troisième, etc. paires ne diffèrent pas beaucoup par leurs formes des folioles de la feuille composée. Ceci est également vrai pour leur épaisseur et leur couleur. La différence entre la structure interne de la feuille

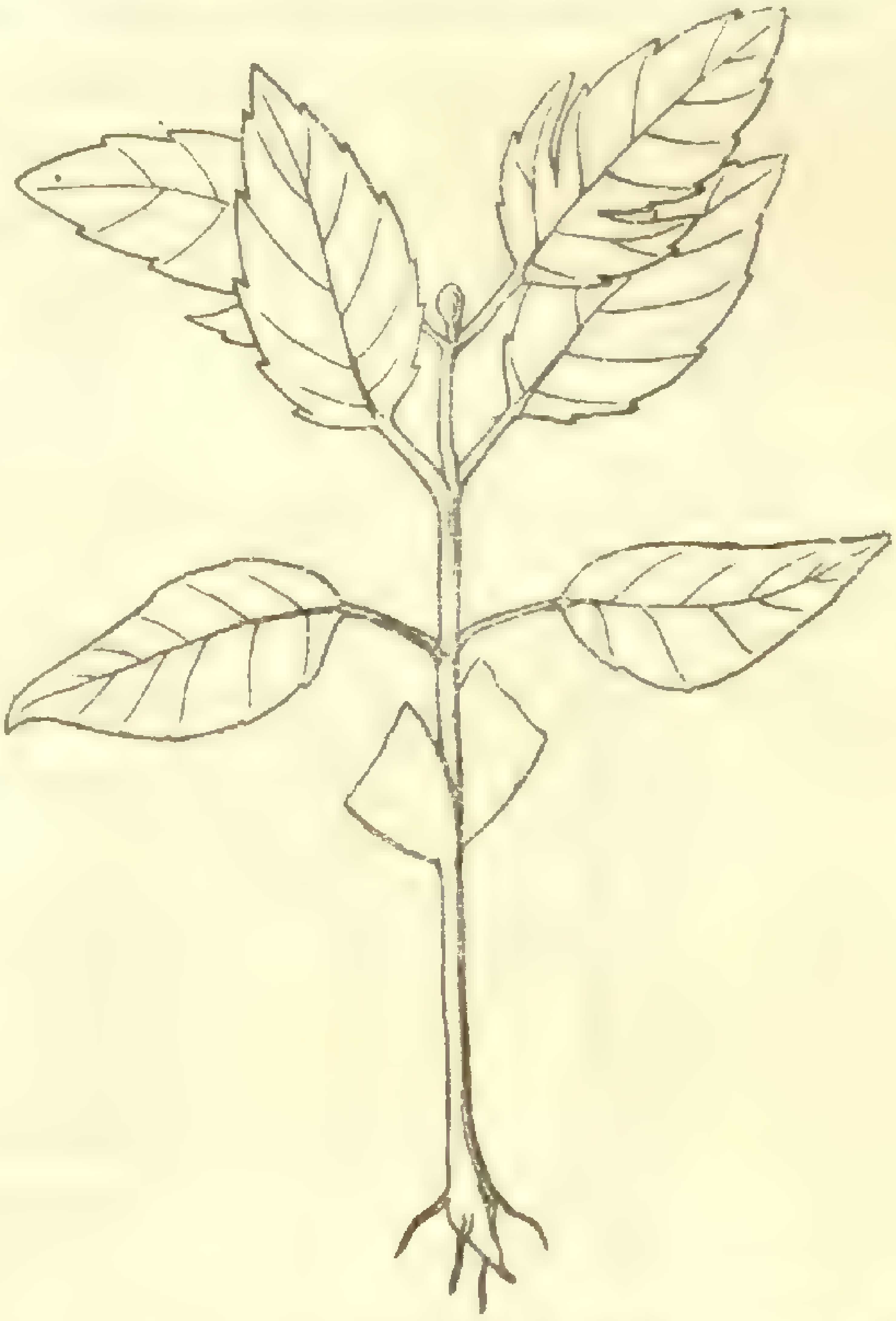


Fig. 1. — Jeune plantule d'*Acer negundo*. La troisième paire de feuilles est profondément lobée.

juvénile et de la feuille adulte n'est pas grande non plus. Il est vrai que le rachis de la feuille composée possède un faisceau libéro-ligneux intra-médullaire, tandis que le pétiole de la feuille juvénile n'en est pas pourvu, mais cela pourrait être attribué à la faiblesse et à la petitesse relative de ce dernier, qui est encore loin d'avoir acquis la force et les dimensions du rachis. On saisit déjà par la consistance et la forme du limbe de la feuille juvénile, qu'elle ne différera pas, par sa structure interne, de celle des folioles de la feuille adulte.

Le *Fraxinus exelsior*, qui a été semé à la même date, a mis presque le même temps à lever. La plantule grandit bien plus lentement que celle de l'*Acer Negundo*, car, au moment où ce dernier avait déjà bien formé sa quatrième paire de feuilles, le *Fraxinus* commençait le développement de sa deuxième paire. Les cotylédons restent des mois sans perdre leur fraîcheur et le pouvoir assimilateur. Les feuilles de la première paire sont totalement différentes des feuilles composées de la plante adulte (fig. 2). Elles sont simples et leur forme est aussi tout-à-fait différente de celle des folioles. Tandis que ces dernières sont 4-5 fois plus longues que larges et presque sessiles, les feuilles juvéniles de la première paire sont seulement un peu plus longues que larges; elles sont bien pétiolées et le limbe traîne un peu sur la partie proximale du pétiole. Leurs bords sont dentés, mais il y en a à bords presque entiers. La consistance des feuilles juvéniles est également tout autre que celle des folioles de la feuille composée; ces dernières sont assez fortes, tandis que les premières sont d'un vert tendre et sont bien plus molles. Par la forme et la consistance, les feuilles juvéniles du *Fraxinus* rappellent bien plus les jeunes feuilles du *Syringa vulgaris* que les folioles adultes. La deuxième paire de feuilles se place perpendiculairement à la première et elle ne diffère presque pas de la première. Les feuilles composées commencent, suivant les plantules, à la troisième, etc.

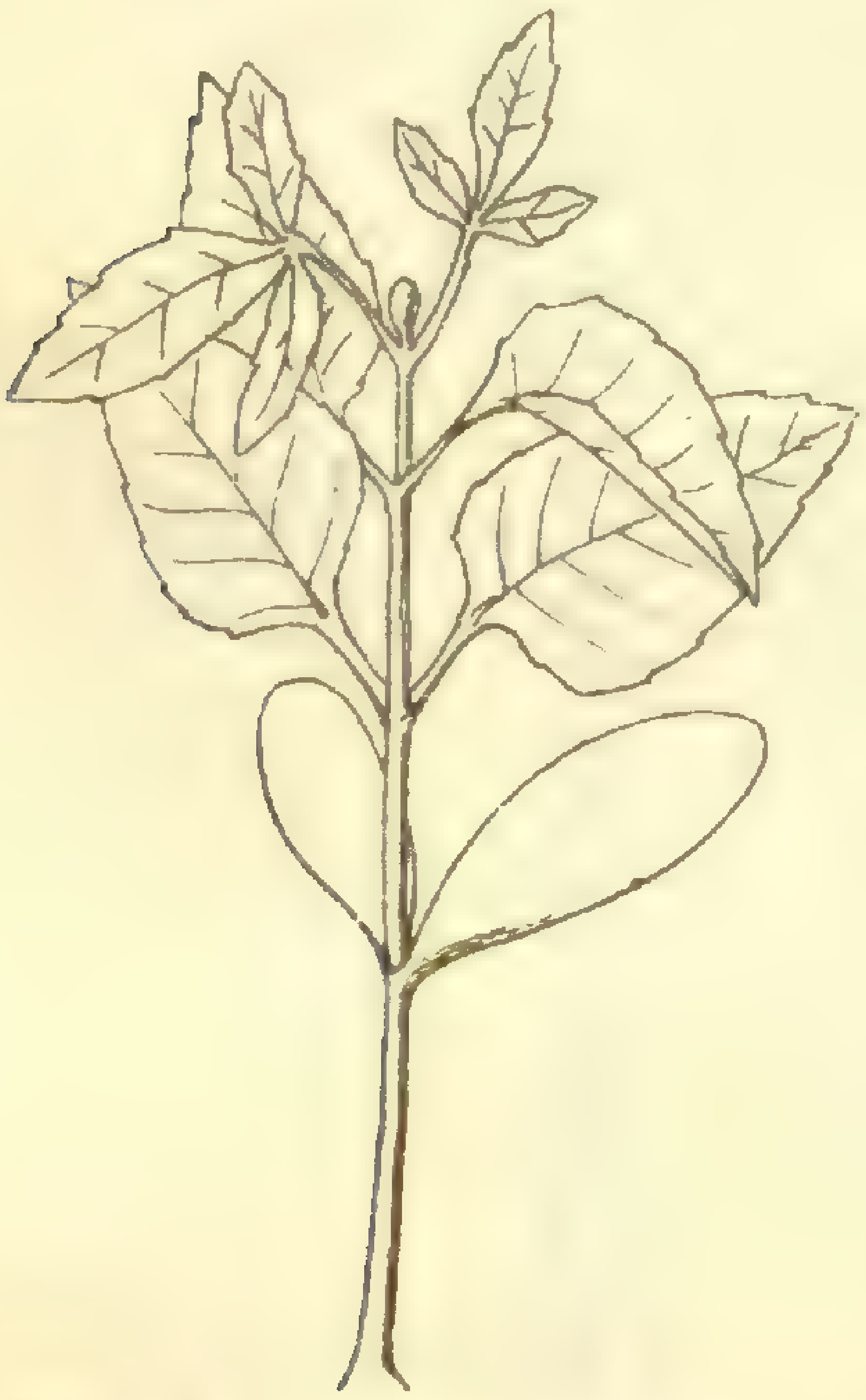


Fig. 2. — Jeune plantule de *Fraxinus excelsior*.

paires de feuilles. — Le rachis de la feuille adulte présente en coupe transversale un anneau libéro-ligneux ouvert et aplati à la base du rachis. S'éloignant vers les folioles, cet anneau perd sa solution de continuité, devient complet et s'arrondit de plus en plus. Il garde également sa structure dans la région des folioles, restant dépourvu suivant toute sa longueur de faisceaux intracorticaux ou intra-médullaires. Le pétiole de la feuille simple juvénile a aussi un anneau libéro-ligneux ouvert vers la base; s'approchant du limbe, celui-ci devient complet et presque tout-à-fait rond. Les folioles ont deux couches palissadiques du côté supérieur et un parenchyme spongieux bien développé du côté inférieur.La feuille juvénile a une seule assise de cellules palissadiques et chacune de celles-ci a la particularité d'avoir le bout inférieur arrondi et moins épais que le bout opposé. Les parois par lesquelles les cellules épidermiques se touchent les unes les autres sont planes chez le *Fraxinus* adulte et très ondulées chez les feuilles juvéniles. Le nombre des cellules annexes varie chez les plantules, ainsi que chez les plantes adultes, entre 4, 5, 6 et peut atteindre le nombre 8.

La façon dont se comportent les plantules de l'*Acer Negundo* et du *Fraxinus excelsior* nous apprend que ces deux plantes proviennent des espèces voisines et qu'elles ne sont pas les types des familles. Ces types sont, au contraire, les représentants à feuilles simples à partir desquels, par transformation des feuilles simples en feuilles composées, ont été obtenues les espèces en question. Les espèces à feuilles composées sont dans ces deux cas, par conséquent, plus jeunes que celles à feuilles simples. D'autres exemples que j'ai à l'étude donneront, j'espère, de nouveaux et précieux renseignements.

Outre les feuilles juvéniles qui sont propres aux jeunes âges, de pareilles formes peuvent se produire encore à des âges avancés. Il y a ici deux cas à distinguer : quand ces formes se produisent sur des rameaux provenant de bourgeons axillaires normaux (si le végétal garde très longtemps sa forme juvénile primitive) et quand elles sont portées sur des rameaux adventifs. Quelle est, à présent, la signification des feuilles juvéniles de ce dernier cas? On s'est moins occupé de cette question; deux articles spéciaux lui sont consacrés par M. C. de Candolle (1 et 2) qui dénie à ces formations toute

---

(1) C. de Candolle. — Les bourgeons adventifs des arbres. In *Archives des Sciences physiques et Naturelles*, 1899, t. VIII, p. 100, Genève.

(2) Id. — Questions de morphologie et de biologie végétales, in *Archives d. Sc. phys. et Nat.*, IVe période, t. XVI, 1903, p. 50 et suiv.

signification phylétique. L'auteur passe en revue une grande partie des plantes dont les bourgeons adventifs produisent des feuilles juvéniles, y rangeant également le *Juglans regia*. Or, c'est justement dans cette espèce que la valeur phylétique de ces formes paraît certaine. Comme on sait, le *Juglans regia* est un arbre qui varie beaucoup dans son appareil végétatif ainsi que dans son appareil floral. Ceci doit être attribué à la jeunesse relative de l'espèce qui a dû se former dans des temps relativement récents. Les représentants de la famille sont munis de feuilles composées à folioles dentelées et c'est là un caractère typique. Si le *Juglans regia* a, seul, des folioles à bords entiers, nous avons raison de croire que nous sommes ici en présence de feuilles dérivées (abgeleitete Blattform, d'après Gœbel). Casimir de Candolle, qui avait depuis longtemps constaté que les jeunes plantes de *Juglans regia* ont des folioles dentelées, revient dans les deux articles précités sur cette plante et relevant le caractère juvénile (la dentelure) des feuilles provenues des bourgeons adventifs, dit qu'en général il envisage les bourgeons adventifs des arbres » comme de nouveaux ndividus de la même espèce que l'arbre sur lequel ils naissent, soit comme des embryons apogamiques contrairement aux bourgeons normaux qui sont les parties intégrantes d'un même individu végétal représenté par l'arbre tout entier. »

Plus tard, l'auteur appuie sur l'origine des bourgeons adventifs qui est endogène et sur le fait intéressant que tous les bourgeons adventifs des Juglandées sont munis d'écailles au moment où ils arrivent au jour, même lorsque les bourgeons axillaires de la plante en sont dépourvus comme c'est le cas dans le genre *Pterocarya*. D'après lui, le caractère juvénile « rentre dans la loi du développement individuel de la plante et fait partie de l'ensemble des caractères normaux de chaque espèce. Il ne faut donc pas le considérer comme un cas de variabilité régressive de l'espèce et il n'y a pas lieu de lui attribuer, ainsi qu'on l'a fait quelquefois, l'importance d'une indication phylogénétique. » Nier que la dentelure dans ce cas est un retour au caractère typique de toute la famille, serait, nous semble-t-il, attribuer cette forme à des causes autres que l'hérédité et admettre que nous avons affaire ici à une coïncidence accidentelle. Des dernières affirmations de C. de Candolle, citées ci-dessus, il n'y a que la première qui peut être acceptée sans objection, mais la deuxième n'en découle pas forcément. Les cas de retour à un stade plus ancien que nous montrent les feuilles des jeunes pousses et des pousses adventives, rentrent bien dans le développement individuel de la plante et sont des phénomènes normaux pour l'espèce. Ce ne sont pas des cas tératologiques ni maladifs; au contraire, nous avons un retour à la forme typique pour toute la famille dont s'est éloignée une espèce nouvellement formée. Il n'y a pas de phénomène plus normal que la tendance d'un individu de maintenir la forme de ses ancêtres, et c'est seulement par cette tendance que nous pourrons expliquer les bourgeons adventifs écailleux chez des plantes qui n'en possèdent pas de tels aux aisselles des feuilles, comme c'est le cas de *Pterocarya :* ces bourgeons à écailles nous indiquent ce qui a eu lieu chez les ancêtres du végétal et ce qui a lieu chez tous les genres voisins de la famille. — Cependant, la grande ressemblance entre la forme générale des feuilles normales et des feuilles juvéniles chez le *Juglans regia* peut laisser encore un certain doute relativement à leur rapport réciproque. L'introduction des formes normales et juvéniles de *Juglans regia* var. *monophylla* pourra donner encore de plus claires indications.

Déjà Hildebrand mentionne certains cas où le *Juglans regia* produit sur quelques rameaux des feuilles simples au lieu de feuilles pennées qu'il a habituellement ; quelques-unes d'entre ces feuilles simples ont, vers la base du limbe, un lobe latéral ou bien sont trilobées (1). Ce qu'Hildebrand a observé pour certains rameaux, arrive à la plante entière dans la variété *monophylla*. Le passage de feuilles composées aux feuilles simples rappellerait ce qui arrive aux *Acacia* à phyllodes, avec cette différence, bien entendu, que chez les *Acacia* c'est le pétiole qui s'élargit tandis que chez les *Juglans*, nous avons affaire à une concrescence congénitale des folioles de la feuille composée. Dans le cas observé par Hildebrand, nous aurions un acheminement vers la variété *monophylla* et nous pourrions penser que cette variété existe déjà dans la plante-type; mais le « sang » qui donne naissance aux productions accidentelles dans le type, n'est pas encore assez fort pour déterminer un nouvel équilibre structural. Quant à la façon dont sont provenues les feuilles simples de la variété à partir de l'espèce-type, il y aurait deux possibilités : on pourrait se figurer les feuilles simples représentant les folioles terminales des feuilles composées, comme on pourrait également se les imaginer comme le résultat d'une concrescence congénitale de toutes les folioles. Lorsqu'en automne, au moment de la chute des feuilles, on observe les différents représentants de la famille (*Juglans*,

---

(1) Hildebrand. — Ueber einige plötzliche Veranderungen bei Pflanzen. *Ber. d. d. bot. Ges.*, 1891, p. 214).

Pterocarya, Carya), on voit que tout d'abord tombent les folioles latérales et que la foliole terminale ne se détache pas du rachis; elle tombe avec celui-ci; la cause en est que, tandis que les folioles latérales ont des articulations, la foliole terminale en est dépourvue. Ces rapports pourraient nous faire envisager la feuille simple de la variété comme n'étant que la foliole terminale, s'il n'était certains détails de structure qui prouvent qu'elle provient d'un raccourcissement de la région foliolaire du rachis et d'une concrescence congénitale des folioles latérales entre elles et avec la foliole terminale. Quelques-unes des feuilles ont,à la base du limbe, une ou deux petites folioles latérales, insérées sur le pétiole et se comportant tout-à-fait comme les folioles latérales de la feuille composée typique. A l'époque de la chute, elles se détachent au moyen d'un tissu spécial. En outre, la base du limbe est plus souvent encore lobée plus ou moins profondément, et ces lobes indiquent une tendance à la formation des folioles. Leurs nervures principales se comportent comme celles des folioles indépendantes; là où elles s'unissent à la nervure médiane de la feuille, elles possèdent une articulation; il suffit d'exercer sur elles, en automne, une toute petite pression pour les voir se détacher. Si les lobes eux-mêmes ne tombent pas séparément, c'est parce qu'ils sont retenus par leur concrescence au reste de la feuille (fig. 3). Nous avons donc affaire ici à une feuille simple qui est potentiellement composée (1). Puisque tous les genres des Juglandées ont des feuilles composées, on doit certainement envisager les feuilles simples chez *Juglans regia* observées par Hildebrand, comme des cas d'un développement progressif dans ce sens qu'il s'agit ici de l'apparition d'une nouvelle forme qui n'existait pas encore dans le type de la famille. De même doivent être envisagées aussi les feuilles de la variété *monophylla*; il se forme ici une nouvelle variété à partir d'une espèce très variable.

Si, à présent, nous arrivons à observer chez cette variété des formes adventives qui se produisent normalement chez *Juglans regia* et sont typiques pour toute la famille, nous ne pouvons nous empêcher de regarder ces formes autrement que comme des « retours » au type dont est provenue la variété; nous devons assigner à ces formes la valeur de variations régressives. Et c'est ce qui arrive.

---

(1) Un autre cas de feuilles simples chez *Juglans regia* est le suivant. Faisant germer des noix ordinaires, on obtient de jeunes plantules avec des feuilles à folioles dentelées. En coupant toutes les feuilles d'une jeune plantule j'ai remarqué qu'avant que les bourgeons, qui se trouvent en rangées, au-dessus des cotylédons, se mettent à se développer, les écailles-mères inférieures à chacun de ces bourgeons grandissent et forment de petites feuilles simples.

Quoique les feuilles de la variété diffèrent fondamentalement des feuilles composées du type, j'ai observé à la base du tronc d'un individu une petite branche adventive qui portait une touffe de feuilles juvéniles contrastant singulièrement avec les autres feuilles de la plante et ayant tous les caractères des feuilles juvéniles de *Juglans regia* L. C'étaient de grandes feuilles composées, à folioles membraneuses et dentées (fig. 4). Ainsi il existerait dans la variété deux sortes de « sang » : le « sang » déterminant les formes foliaires adultes et le « sang » qui détermine les formes juvéniles, qui est le même chez la variété et chez l'espèce-type.

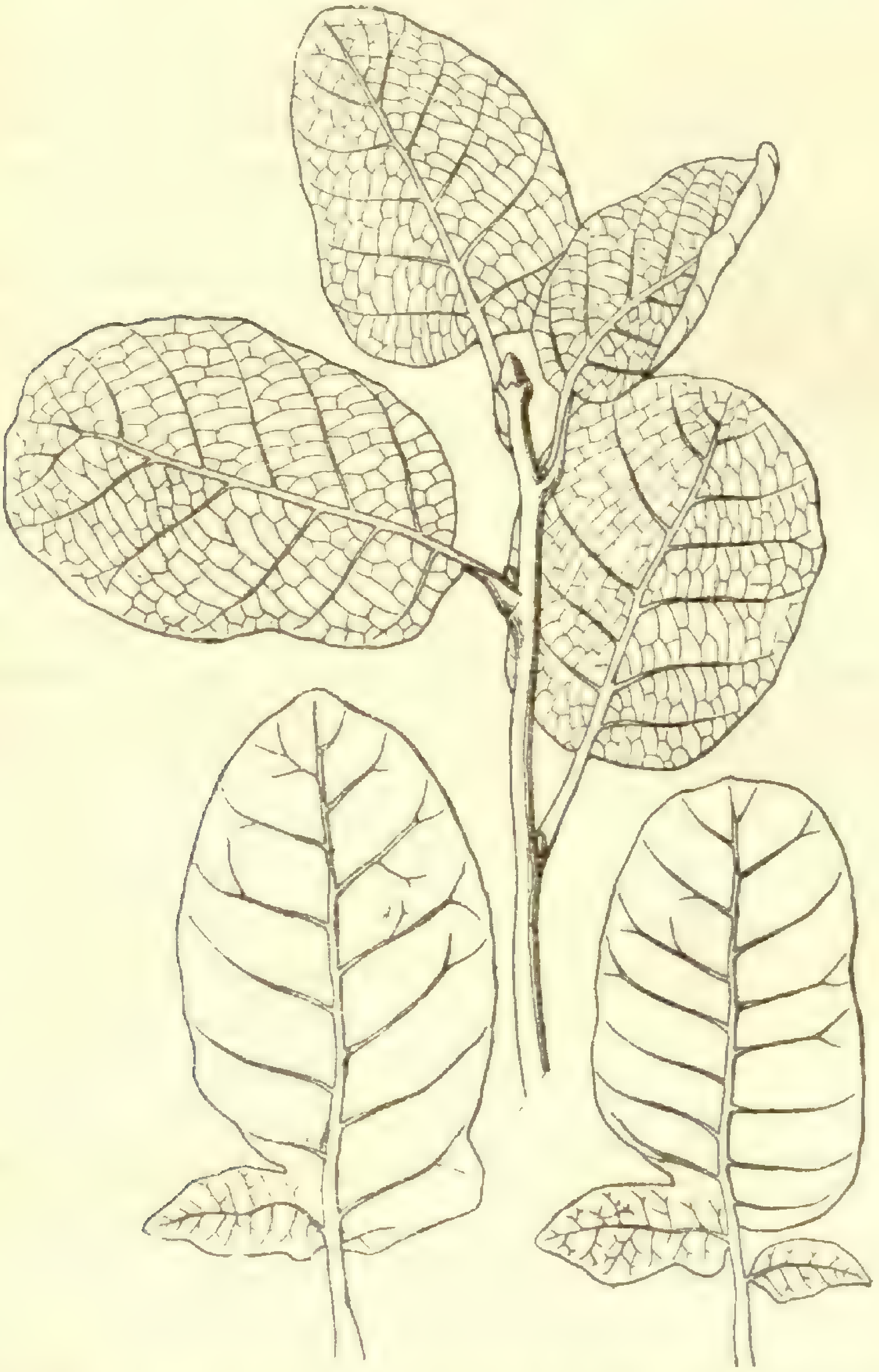


Fig. 3.— Branche avec des feuilles adultes du *Juglans regia* variété *monophylla* Dipp. (environ 1/3 de grandeur naturelle).

De ce que nous savions déjà sur les formes juvéniles et de ce qui vient d'être dit, il ressort :

1° Que toutes les formes juvéniles des jeunes plantules ne peuvent nous fournir des indications de parenté. Il y a des jeunes stades qui ne représentent qu'une adaptation aux conditions spéciales dans lesquelles les plantules sont appelées à vivre (*Pothos celatocaulis*, etc.) Il y en a d'autres dont la signification n'est pas facile à saisir (monocotylédones aquatiques, etc.). Il y a, enfin, des cas où les jeunes stades rappellent, à n'en pas douter, des formes existant chez les végétaux voisins;

2° Si nous laissons de côté les formes juvéniles provenant de bourgeons normaux par un changement des conditions de vie, comme cela a eu lieu dans les intéressantes expériences de Gœbel (1), pour ne nous occuper que des formes juvéniles dues au développement des bourgeons adventifs, l'on voit que ces dernières formes peuvent avoir une certaine importance pour l'établissement de la parenté des espèces. Les conditions nouvelles de vie auxquelles l'espèce en formation aura à s'adapter agissent pendant toute la vie de l'individu, mais les nouveaux caractères apparaitront dans les stades âgés et empièteront peu à peu sur les âges de plus en plus jeunes; dans certaines conditions, ces caractères pourraient même être acquis par les plus jeunes plantules et il n'y aurait plus trace des

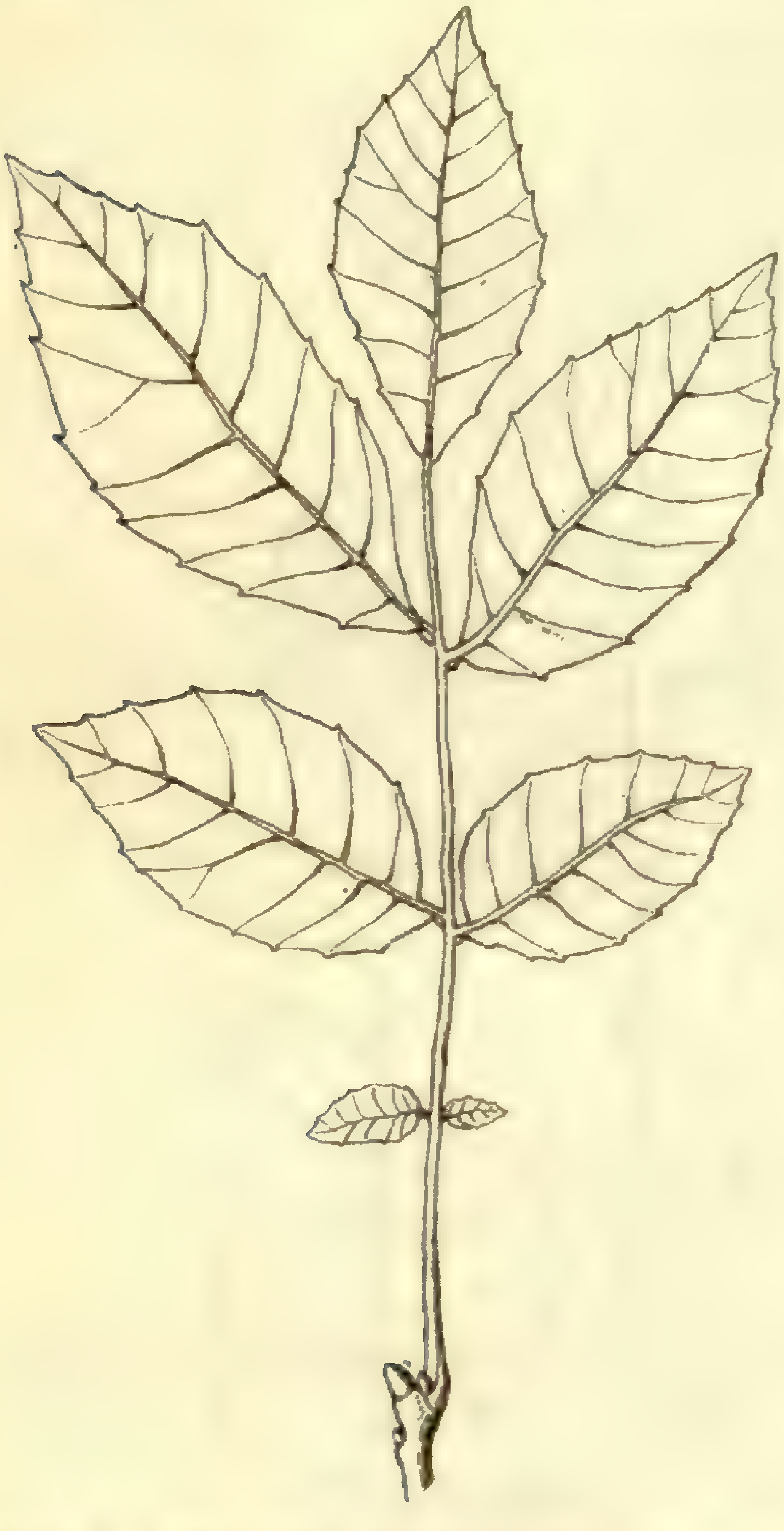


Fig. 4. — Branche adventive avec feuilles juvéniles du *Juglans regia* variété *monophylla*.

---

(1) Organographie, 149, v. aussi : Ueber Jugendformen von Pflanzen und deren künstliche Wiederhervorrufung. in *Sitzungsberichte d. k. bayer. Akad. d.* Wissensch. Math. — phys. kl., 1896, etc.

anciennes formes pendant toute l'ontogénie normale de la nouvelle espèce. — Un retour aux conditions anciennes pourrait néanmoins provoquer l'ancienne forme, comme cela arrive chez les plantes sur lesquelles ont porté les expériences de Gœbel. Si l'adaptation est allée plus loin, alors le changement des conditions n'aura pas la force de provoquer l'ancienne forme. Cependant,les bourgeons adventifs provenant de régions profondes (C. de Candolle affirme qu'ils naissent toujours du péricycle),le tissu qui leur donne naissance aurait pu ne pas être exposé de façon efficace aux nouvelles influences et il pourrait, pour cela, garder bien plus longtemps les dispositions au « retour ». Ils pourraient, pour cette raison, nous renseigner souvent sur l'histoire d'une espèce dont les plantules auraient déjà perdu la faculté de produire des formes rappelant les espèces ancestrales. Naturellement, cela n'arriverait pas si, à cause de l'ancienneté de l'espèce et pour d'autres causes encore, la transformation avait gagné le végétal dans son ensemble; alors les bourgeons adventifs produiraient les mêmes formes que les bourgeons axillaires normaux.

Je m'arrête encore sur une forme juvénile du *Juglans regia* dont l'interprétation ne me semble pas juste. Parlant des variations par saut (sprungi varationen) et de leur constance, Lotsy (1) mentionne comme type le *Juglans regia* var. *laciniala* qui a été observé pour la première fois en 1701 par Remeaulm. En semant des noix de cette forme, les différents observateurs ont obtenu différents résultats; chez les uns, les semis ont donné peu de formes laciniées, chez les autres davantage. Des noix d'un arbre lacinié qui se trouvait près de Kiel, n'ont donné que des noyers

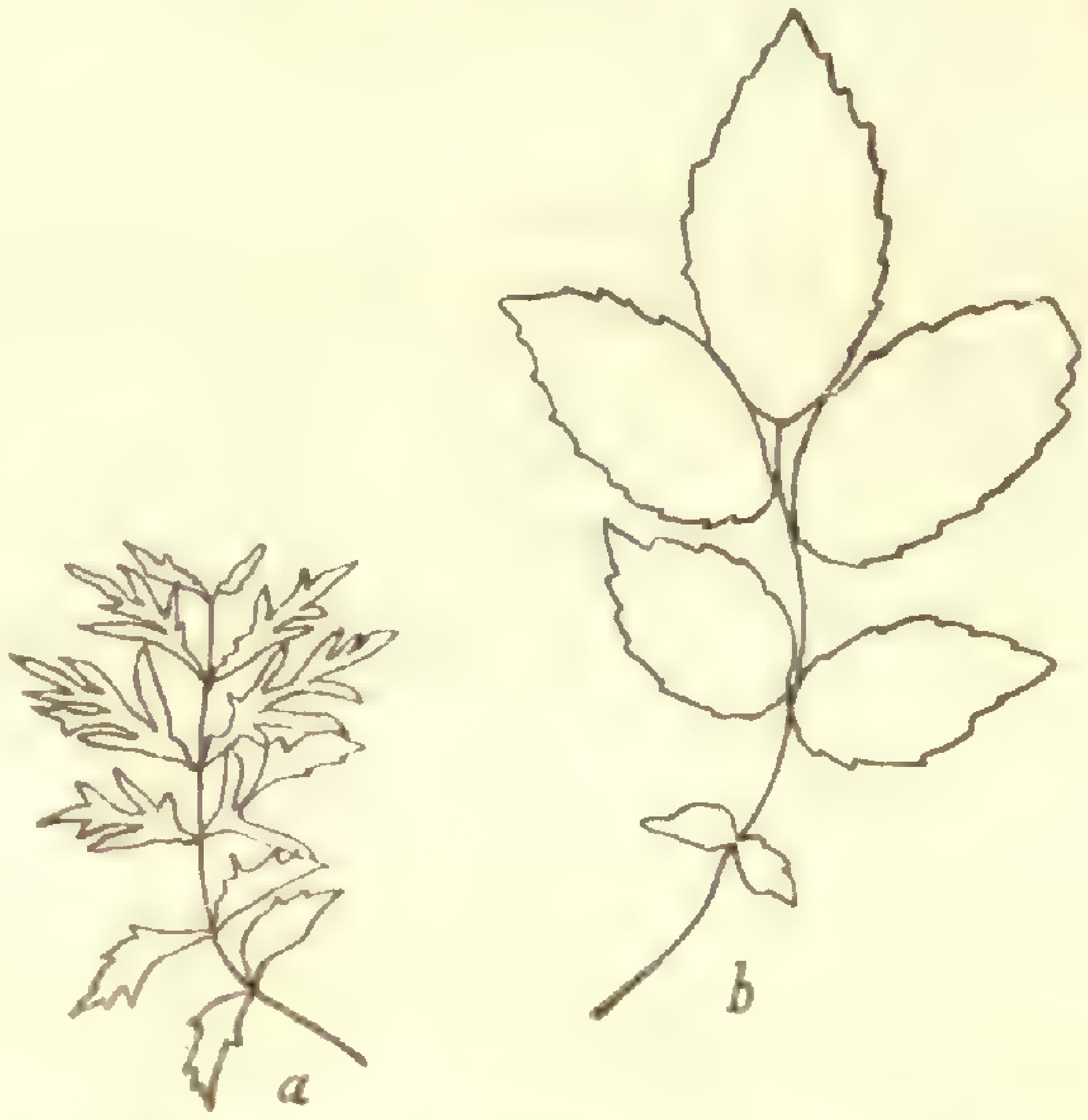


Fig. 5 et 6. — *a*, Branche de *Juglans regia* var. *laciniala*; *b*, feuilles d'une plantule qui serait provenu d'une noix hybride entre le noyer ordinaire et la variété *laciniala* (D'après Lotsy).

---

(1) Lotsy. Vorlesungen über Descendenz-theorien. Erster Theil, p. 188.

ordinaires. Lotsy explique ce phénomène par le fait que les fleurs femelles s'étant développées en 6 semaines après les fleurs mâles de l'individu, c'est le pollen d'un noyer ordinaire du voisinage qui aurait effectué la fécondation et dominé dans les pousses. A la demande de Lotsy, un de ses amis, Reynvaan, a semé des noix provenant d'un arbre lacinié qui se trouvait à côté d'une ferme de l'autre côté de laquelle croissait un noyer ordinaire. 15 de ces noix donnèrent 15 plantules qui, toutes, possédaient la forme de la fig. 5 *b*. « Sûrement, dit Lotsy, nous avons affaire ici à un hybride qui est très semblable au père mais qui, par le bord dentelé de la feuille, trahit aussi la forme laciniée-mère ». C'est justement l'interprétation de la dentelure chez les feuilles de la plantule prise ici comme une forme moyenne entre la feuille à bord entier chez l'espèce-type adulte et les feuilles laciniées de la variété qui me semble erronée. Il est clair que lorsque Lotsy parle des plantules du noyer ordinaire, il doit s'agir de formes comme celles de la fig. 5 *b*. puisque ces plantules n'ont jamais une autre forme de feuilles. Comme dans les deux cas de l'arbre de Kiel et de celui de M. Reynvaan, on obtient toujours de pareilles formes, nous avons certainement ici des plantules ordinaires de *Juglans regia*, et il n'y a pas lieu d'envisager les formes foliaires de ces plantules comme des formes-hybrides moyennes entre le noyer ordinaire et la variété *laciniata*, mais nous devons plûtot les regarder comme des formes juvéniles de *Juglans regia* rappelant les formes adultes des autres *Juglans* et se maintenant encore malgré l'intervention du nouveau « sang » de la dite variété. Et si le croisement entre le noyer ordinaire et celle-ci a réellement eu lieu, nous devrions avoir des plantules à trois « sortes de sang » : celui des ancêtres (exprimé dans la dentelure) et puis ceux du noyer ordinaire dominant et de la variété dominée.

SUR LE MÉCANISME DE LA CIRCULATION DE L'EAU DANS LES PLANTES

par M. LECLERC DU SABLON

Il est inutile de recommencer ici l'historique complet des tentatives qui ont été faites pour expliquer l'ascension de la sève. Cet exposé se trouve dans plusieurs ouvrages récents et notamment dans l'article publié par H. Dixon (1) dans *Progressus rei botanicæ*, en 1909. Toutes les théories y sont exposées et critiquées; pour conclure, l'auteur développe ses vues personnelles. Il me suffira donc de montrer en quoi je ne partage pas la manière de voir de Dixon sur le mécanisme de l'ascension de la sève ainsi que sur quelques travaux récemment publiés.

Dixon ne prête aucun rôle aux cellules vivantes du bois et attribue l'élévation de l'eau depuis les racines jusqu'aux plus hautes branches des plus grands arbres à l'influence de la transpiration seule. Si on objecte qu'une colonne d'eau ne peut être soulevée au-dessus de la hauteur correspondant à la pression atmosphérique, c'est-à-dire environ 10 mètres, Dixon répond par des expériences de physique où une colonne de mercure est soulevée bien au-dessus de 76 cm. grâce à la résistance qu'elle oppose à la rupture. La colonne de sève s'élèverait donc, dans les plus hautes tiges qui peuvent dépasser cent mètres, simplement parce qu'elle oppose une grande résistance à la rupture.

A cela on peut répondre que, si on a vu des colonnes de liquide soulevées par le vide au-dessus de la hauteur correspondant à la pression atmosphérique, on n'a jamais obtenu des hauteurs dix fois plus grandes; c'est cependant ce qui serait nécessaire pour expliquer l'ascension de la sève dans des tiges hautes de plus de 100 mètres.

D'autre part, surtout pendant les périodes de transpiration, les colonnes d'eau ne sont point continues, mais entrecoupées par de nombreuses bulles d'air ; la résistance à la rupture n'a plus alors à s'exercer, puisque la colonne est rompue. Donc, en admettant même que la résistance à la rupture put jouer un rôle dans l'ascension de la sève il ne me paraît pas possible de considérer ce rôle comme prépondérant.

Je discuterai encore l'opinion de Dixon au sujet de l'interprétation des expériences de STRASBURGER (3) répétées par Ewart (2) sur le rôle des cellules vivantes dans l'ascension de la sève. Strasburger coupe un Chêne haut de 22 mètres et plonge la section dans l'acide picrique. Au bout de trois jours, l'acide s'est élevé dans la tige à une hauteur de 3 mètres; puis, la section est plongée dans la fuchsine qui, en huit jours, s'élève à 18 mètres. Strasburger, admettant que, dans toute la région injectée par l'acide picrique, les cellules ont été tuées, en conclut que l'eau peut s'élever sans le secours des cellules vivantes. Dixon considère que l'inutilité des cellules vivantes du bois, au point de vue de l'ascension des liquides, est ainsi définitivement démontrée.

Ewart, tout en reconnaissant l'exactitude matérielle des expériences de Strasburger, en conteste la conclusion. Il refait l'expérience sur un Sycomore haut de 15 mètres, en se servant comme poison de l'aldéhyde formique, plus efficace que l'acide picrique. En étudiant le tronc après l'expérience, il constate que le liquide nocif est répandu très irrégulièrement dans le bois, que beaucoup de cellules n'ont pas été tuées et que c'est précisément là où les cellules n'ont pas été tuées que le liquide coloré s'est élevé. D'ailleurs, Ewart considère que, même si toutes les cellules avaient été tuées, l'ascension lente de l'eau, peu de temps après la mort des cellules, prouverait simplement que les cellules ligneuses conservent encore quelque temps après leur mort certaines propriétés osmotiques. Il cite ensuite d'autres expériences dans lesquelles la mort des cellules a entraîné immédiatement pour le bois la perte du pouvoir conducteur. Des tiges de Haricot, de Houblon, de Passiflore, de Glycine, tuées par un froid de — 2°, cessent de transmettre l'eau aux feuilles.

D'ailleurs, tous les auteurs admettent que c'est uniquement par le bois jeune, encore vivant, que la sève s'élève ; le bois perd son pouvoir conducteur lorsque les cellules sont mortes. Il reste à expliquer le rôle des cellules vivantes dans l'ascension de la sève par les vaisseaux. Ewart met en évidence le pouvoir osmotique des cellules ligneuses par une expérience sur la tige de la Glycine, mais il ne lui semble pas que ce pouvoir osmotique soit suffisant pour vaincre la résistance énorme que le bois oppose au passage de l'eau.

Godlewski (5), dont Dixon combat les idées, avait déjà attribué un rôle actif aux cellules ligneuses, mais il admet un courant continu dans les vaisseaux tout le long de la tige et suppose qu'entre la base et le sommet de l'arbre il y a une différence de pression suffisante pour faire progresser la colonne d'eau qui s'y trouve. Or, l'aspiration produite par les cellules vivantes ne saurait soulever une colonne d'eau supérieure à la pression atmosphérique; de plus, on n'a point constaté de différences de pressions considérables entre la base et le sommet d'un arbre.

Je vais, dans ce qui va suivre, reprendre l'explication de Godlewski en utilisant les résultats de certaines expériences récentes. On verra que les objections faites à cet auteur et à ceux qui ont adopté sa théorie en la modifiant plus ou moins, peuvent être facilement levées, et que le pouvoir osmotique des cellules vivantes est bien la cause active de l'ascension de la sève.

Résistance du bois à la transmission des pressions. — L'explication de l'ascension indéfinie de la sève doit être cherchée, non dans les circonstances qui favorisent la circulation des liquides, mais, au contraire, dans celles qui la rendent plus difficile et empêchent la transmission des pressions à l'intérieur du bois. On connait les causes qui ralentissent le passage de l'eau dans le bois; c'est d'abord l'étroitesse des vaisseaux, puis les cloisons transversales qui ne se laissent traverser que difficilement et enfin les bulles d'air qui, formant ce qu'on appelle des chapelets de Jamin, font à peu près le même effet que des bouchons à l'intérieur des vaisseaux.

Ewart a mesuré, par des expériences directes où l'eau était injectée dans des fragments de tige, la résistance que le bois oppose au passage de l'eau. Il trouve, que pour faire monter dans une tige un courant d'eau comparable à celui de la sève pendant les périodes de transpiration, il faut une pression mesurée par une colonne d'eau de six à trente-trois fois plus élevée que cette tige.

Un des résultats les plus importants du travail d'Ewart est d'avoir montré que la pression interne des vaisseaux est indépendante de la hauteur au-dessus du sol. Dans un tronc de Sycomore il enfonce deux manomètres, l'un à 3 mètres du sol, l'autre à 17 mètres Les pressions indiquées par les deux manomètres aux différentes heures de la journée sont dites : positives + si elles sont supérieures à la pression atmosphérique, négatives − dans le cas contraire.

	à 3 m.	à 17 m.
2 h. 35	+ 2 cm. 1	+ 0 cm. 3
3 h. 30	— 7 cm. 4	— 1 cm. 0
4 h. 30	— 1 cm. 1	— 7 cm. 6
5 h. 30	0	— 2 cm. 2
6 h. 30	0	0

Les pressions sont donc indépendantes de la hauteur et ne vont pas en augmentant de haut en bas comme dans un tube vertical plein d'eau; à un même niveau, les pressions peuvent d'ailleurs être variables.

Dans son travail sur la transmission des pressions à travers les plantes vivantes, Bonnier (4) était arrivé à des résultats analogues; dans ses expériences, les pressions ne se transmettaient qu'à de faibles distances et pas intégralement.

En somme, on doit conclure de l'ensemble de ces faits que la colonne liquide, plus ou moins entrecoupée de cloisons et de bulles d'air et qui se trouve dans les tiges vivantes, n'exerce pas sur sa base une pression égale à son poids; elle est en quelque sorte retenue par les cloisons et les bulles d'air; son poids est supporté par le squelette de la plante. Les choses se passent comme si chaque vaisseau ou chaque partie de vaisseau renfermant de l'eau était un réservoir indépendant accroché à une tige rigide. Il n'y a pas transmission de pression hydrostatique; la tige supporte seulement le poids de l'ensemble du système.

Rôle de la transpiration et de l'absorption. — Les données précédentes suffisent à expliquer l'état d'équilibre des liquides dans la tige, mais ne nous montrent point le mécanisme des mouvements. C'est dans le pouvoir osmotique des cellules vivantes que nous trouverons la cause active de l'ascension.

Le pouvoir osmotique des cellules peut se manifester dans trois circonstances différentes : dans la feuille qui transpire, dans la racine qui absorbe et dans la tige qui conduit. Je considérerai donc la plante comme formée de feuilles qui dégagent de la vapeur d'eau, de racines qui absorbent de l'eau et d'une tige qui porte l'eau des racines aux feuilles, et j'examinerai ce qui se passe dans ces trois organes.

Je prends comme point de départ une feuille où toutes les cellules sont en état d'équilibre au point de vue osmotique. Le pouvoir osmotique p de leur suc cellulaire est égal à leur turgescence t, c'est-à-dire à la pression que le suc cellulaire exerce sur les parois.

Je suppose que la transpiration commence; le pouvoir osmotique p augmente par suite de la concentration du suc cellulaire; donc $p>t$. Pour rétablir la turgescence égale à son pouvoir osmotique, la cellule tend à absorber de l'eau et la puise dans les réservoirs qui sont à sa disposition, c'est-à-dire dans les vaisseaux du bois. Le résultat est que la pression diminue dans ces vaisseaux. En supposant que cette pression h' ait été primitivement égale à la pression atmosphérique h, elle devient inférieure, $h'<h$. Il s'établit alors un état d'équilibre mobile dans lequel la différence entre le pouvoir osmotique de la cellule et sa turgescence est compensée par la différence entre la pression interne des vaisseaux et la pression atmosphérique extérieure. On aura : $p-t=h-h'$.

La conséquence de la transpiration est donc une diminution de pression dans les vaisseaux. C'est là un fait bien connu, et depuis longtemps. Mais, d'après ce que nous savons sur la transmission des pressions, nous pouvons prévoir que la dépression produite ne se propagera qu'à une faible distance dans le bois et s'atténuera rapidement. On verra d'ailleurs qu'il est inutile, pour amener l'ascension de la sève, que l'effet de la transpiration se fasse sentir bien loin.

Voyons maintenant ce qui se passe dans les racines qui absorbent l'eau. Au point de vue de l'absorption de l'eau, on peut schématiser la racine en la supposant réduite à une paroi absorbante semi-perméable constituée par les poils absorbants et le parenchyme sous-jacent; cette paroi étant en contact, d'un côté avec le liquide du sol de pouvoir osmotique s, de l'autre côté avec le liquide renfermé dans les faisceaux du bois et dont le pouvoir osmotique est r. Dans les conditions ordinaires, r est notablement supérieur à s; par conséquent, l'eau sera absorbée et l'équilibre sera atteint lorsque la pression interne des vaisseaux de la racine aura été augmentée d'une quantité égale à $r-s$.

Le résultat de l'absorption de l'eau, au moins dans les conditions ordinaires de la végétation, sera donc une augmentation de la pression interne des vaisseaux. Cette augmentation sera d'autant plus grande que le pouvoir osmotique s du liquide dans lequel plongent les racines sera plus faible et que le pouvoir osmotique r du liquide contenu dans les vaisseaux sera plus fort. La racine fonctionne alors comme un véritable osmomètre qui puise l'eau dans le sol et la refoule vers la tige.

On connaît, depuis longtemps, sous le nom de *poussée des racines* ce refoulement de la sève vers le haut. On en mesure la force en coupant la tige à sa base et en la remplaçant par un tube dans lequel la sève s'élève plus ou moins haut. La poussée des racines est surtout forte au printemps lorsque le pouvoir osmotique du contenu des vaisseaux est considérable. Dans les conditions normales, c'est-à-dire quand l'eau absorbée est refoulée dans la tige vivante, les obstacles que rencontre la transmission des pressions auront bientôt amorti la poussée de racines qui ne se fera sentir qu'à une faible hauteur. Nous verrons que, lorsqu'elle paraît se manifester plus haut, c'est qu'elle est prolongée par d'autres actions.

Ainsi donc, au sommet de la tige la transpiration produit une aspiration ; à la base, l'absorption détermine une poussée. Ces deux actions tendent à établir un courant ascendant ; mais leurs zones d'action respectives sont loin de se rejoindre et restent séparées par une région quelquefois très étendue, occupée par la tige et que nous allons maintenant étudier.

Rôle des cellules vivantes du bois. — On peut considérer le bois jeune dans lequel s'élève le courant de la sève comme formé de deux sortes d'éléments : les cellules vivantes et les vaisseaux morts. Chez les Gymnospermes, les rayons médullaires sont seuls formés de cellules vivantes, le reste du bois ne comprenant que des vaisseaux fermés ou trachéides ; chez les Angiospermes, entre les rayons médullaires où il n'y a que des cellules, on trouve un mélange de cellules, de vaisseaux et de fibres ; ces dernières jouant simplement un rôle de soutien.

Les cellules vivantes renferment un suc cellulaire de pouvoir osmotique p' enfermé dans une membrane semi-perméable ; les vaisseaux, dont la membrane est perméable, renferment un liquide de pouvoir osmotique p''. En général, p'' est très inférieur à p'. Au point de vue des relations osmotiques qui ont lieu entre les cellules et les vaisseaux, les choses se passent comme si le pouvoir osmotique des vaisseaux était nul et celui des cellules égal à $p'-p''=p$. C'est ce que nous admettrons dans les raisonnements qui vont suivre.

Nous appellerons, comme tout à l'heure, t la turgescence des cellules du bois, c'est-à-dire la pression de leur suc cellulaire sur leurs parois, h' la pression à l'intérieur des vaisseaux et h la pression atmosphérique qui s'exerce à l'extérieur. Supposons réalisé l'état d'équilibre où $p=t$ et $h=h'$. Alors la cellule vivante n'exerce aucune action mécanique sur le contenu des vaisseaux voisins ; il n'y a ni aspiration, ni poussée.

Que se passera-t-il si cette cellule est assez près de la feuille pour que la pression h' du vaisseau voisin soit diminuée par suite de la transpiration ? Le vide partiel produit dans le vaisseau fera sortir une petite quantité d'eau de la cellule dont la turgescence t sera ainsi diminuée et le pouvoir osmotique p augmenté. Un nouvel état d'équilibre sera réalisé lorsque $p-t=h-h'$.

Il y a alors aspiration aussi bien de la part de la cellule que de la part du vaisseau. La cellule tend à rétablir sa turgescence égale au pouvoir osmotique en empruntant de l'eau aux éléments voisins et notamment aux cellules qui sont situées à côté d'elle ou en-dessous et qui ont une turgescence plus forte. La diminution de turgescence se propagera ainsi dans les cellules jusqu'au niveau d'un vaisseau qui aura encore la pression intérieure $h' = h$. ; l'eau passera alors du vaisseau dans les cellules et la diminution de pression dans les vaisseaux se propagera en même temps que la diminution de turgescence dans les cellules.

On voit que le mouvement ascensionnel de l'eau peut s'établir sans qu'il y ait de courant continu dans les vaisseaux. On peut même supposer que les vaisseaux sont complètement obstrués par les parois transversales ou par les bulles d'air. Ces obstacles ont même l'avantage d'empêcher la pression due à la masse de l'eau de se transmettre à l'intérieur des vaisseaux et constituent des relais que le pouvoir osmotique des cellules vivantes permet de contourner.

L'action de chaque cellule est indépendante de celle de ses voisines et détermine autour d'elle un courant partiel dont le sens est déterminé par la différence des pressions internes; ce courant tend à faire disparaître ces différences de pression et à rétablir la turgescence des cellules. L'état d'équilibre définitif ne sera atteint que lorsque toute l'eau perdue par le fait de la transpiration aura été remplacée.

On vient de voir comment la diminution de pression produite par la transpiration se propage dans la tige en établissant un courant d'eau vers les feuilles. On va voir maintenant ce qui se passe dans la racine où l'eau est absorbée.

Comme tout à l'heure je considérerai une cellule ligneuse à un état d'équilibre tel que $p=t$ et $h=h'$. Mais nous avons vu que, sous l'influence de la poussée des racines, h' est augmenté et devient supérieur à h. La pression qui s'exerce ainsi sur les parois des cellules y fait entrer une petite quantité d'eau qui augmente t et diminue p. La turgescence étant supérieure au pouvoir osmotique, la cellule renvoie une partie de son eau dans les éléments voisins et en particulier dans les cellules supérieures dont la turgescence est plus faible. L'augmentation de turgescence se propage ainsi de bas en haut jusqu'à un niveau où la pression interne h' des vaisseaux est encore égale à h. Une partie de l'eau des cellules passe alors dans les vaisseaux dont la pression est ainsi augmentée. L'eau s'élève donc sous l'influence de la poussée des racines comme tout à l'heure sous l'influence de la transpiration.

La transpiration par les feuilles et l'absorption par les racines déterminent donc dans le voisinage de ces organes un courant ascendant. Ces deux courants se rejoignent dans la tige grâce au pouvoir osmotique des cellules vivantes qui se trouvent tout le long du bois.

En été, lorsque la transpiration est forte, la dépression qui se produit dans les feuilles peut se propager jusqu'aux racines. Les pressions internes sont alors toutes négatives. Si la transpiration est faible ou même arrêtée, l'augmentation de pression due à l'absorption peut se prolonger tout le long de la tige; les pressions intérieures sont alors positives.

J'ai supposé pour simplifier que le pouvoir osmotique p était le même dans toutes les cellules du bois. Des différences dans les pouvoirs osmotiques ne changeraient rien au résultat, mais rendraient plus irrégulière la répartition des pressions à l'intérieur des vaisseaux.

Dans l'explication qui précède, nous avons supposé que l'eau s'élevait en cheminant alternativement dans les vaisseaux et dans les cellules. Mais lorsque la transpiration est intense et que le mouvement ascensionnel est établi tout le long de la tige, il est vraisemblable qu'une partie de l'eau effectue des parcours assez longs uniquement par la cavité des vaisseaux. Les choses se passeront ainsi dans les régions où la différence de pression entre des vaisseaux superposés sera sensible. C'est ainsi que certaines substances dissoutes chemineront dans la tige, sans avoir à traverser les cellules.

En hiver, lorsque la transpiration est suspendue, l'aspiration ne se produit plus et le courant d'eau cesse lorsque les cellules ont rétabli leur turgescence. Mais l'eau continuera à monter, même si la transpiration est nulle, tant que la turgescence des cellules vivantes ne sera pas égale à leur pouvoir osmotique.

Mécanisme de la circulation de l'eau. — L'ascension de la sève dans les tiges est donc due au pouvoir osmotique des cellules vivantes On peut s'en représenter le mécanisme de la façon suivante : la transpiration des feuilles produit l'effet d'une pompe aspirante qui ne fait sentir son effet qu'à une faible distance dans la tige; l'absorption par les racines produit l'effet d'une pompe foulante qui ne lance l'eau qu'à une faible hauteur. Les zones d'action de ces deux forces initiales sont reliées par une série continue de cellules vivantes qui, grâce à leur pouvoir osmotique, jouent tantôt le rôle de pompe aspirante, tantôt le rôle de pompe foulante et qui tendent à amener un état d'équilibre en établissant un courant d'eau du point où la pression est la plus forte au point où elle est la plus faible.

La transpiration est donc une cause accélératrice de l'ascension de la sève mais n'est point une cause nécessaire. De même, une forte poussée des racines facilite la circulation en établissant des différences de pressions à l'intérieur des vaisseaux, mais l'ascension de la sève peut se produire sans poussée des racines; il suffit qu'il y ait absorption d'eau. C'est, d'ailleurs, ce qui a lieu dans les tiges coupées dont on plonge la base dans l'eau. Strasburger a même montré que l'ascension de la sève continuait dans une tige coupée au bas de laquelle la poussée des racines avait été remplacée par une aspiration.

La seule chose indispensable pour que la sève s'élève, c'est que le pouvoir osmotique des cellules puisse s'exercer à travers une membrane semi-perméable. Dans une tige dépourvue de feuilles et de racines, l'eau s'élèverait plus lentement, il est vrai, mais par le même mécanisme que dans une plante entière.

Il est essentiel pour cela que le poids du contenu des cellules et des vaisseaux soit supporté par le squelette de la plante et n'exerce pas de pression sur le contenu des éléments sous-jacents. L'eau peut, en effet, s'élever à une hauteur indéfinie dans une série de vésicules à parois semi-perméables superposées les unes aux autres et accrochées à une tige qui supporte leur poids, mais ne pourra s'élever si les vésicules pressent les unes sur les autres.

Il résulte de ce mécanisme que l'élévation de l'eau de bas en haut qui paraît à priori être la principale difficulté est en réalité une circonstance secondaire. La circulation est presque aussi difficile dans une tige horizontale que dans une tige verticale.

L'eau monte donc à la fois par les vaisseaux et par les cellules; si dans les expériences faites avec les liquides colorés, on n'a trouvé de matière colorante que dans les vaisseaux, cela tient à ce que l'eau pure seule traverse les cellules; les matières dissoutes, au moins dans les mouvements rapides, circulent par les vaisseaux.

Emission d'eau liquide. — Après une journée d'été, la dépression est donc normale tout le long de la tige. Supposons que, le soir, la transpiration s'arrête complètement, l'absorption par les racines continuant. Par le mécanisme indiqué tout à l'heure, l'eau absorbée sera attirée dans les vaisseaux où $h' < h$ et passera dans les cellules de façon à rétablir la turgescence égale au pouvoir osmotique. On reviendra ainsi de proche en proche à l'état d'équilibre ou $h = h'$ et $p = t$. La poussée des racines continuant à se faire sentir, cet état pourra être dépassé. La pression h' sera alors supérieure à h et la turgescence supérieure au pouvoir osmotique. L'équilibre établi sera caractérisé par la relation : $t - p = h' - h$.

Les cellules ligneuses auront alors une tendance à rejeter de l'eau dans les vaisseaux, et l'eau des vaisseaux tendra à s'échapper par les points de moindre résistance. Que se passera-t-il alors dans les feuilles ? On sait que certaines nervures se terminent sous les stomates aquifères et que les derniers vaisseaux ne sont séparés de la chambre sous-stomatique que par quelques cellules aquifères à parois très perméables. On conçoit alors que l'eau qui est sous pression dans les vaisseaux sorte par les stomates en traversant les parois des cellules aquifères.

Pour que l'exsudation d'eau liquide puisse se produire en vertu de cette explication, il est nécessaire que l'absorption d'eau soit abondante et que la poussée des racines soit transmise jusqu'aux feuilles, grâce au pouvoir osmotique des cellules du bois. Mais d'autres causes peuvent encore intervenir et amener plus rapidement une augmentation de la pression interne h'. Il suffit pour cela que le pouvoir osmotique p des cellules soit diminué. Supposons en effet, pour fixer les idées, la position d'équilibre où $p = t$ et $h = h'$; p venant à diminuer la turgescence trop forte rejettera de l'eau dans les vaisseaux dont la pression interne h' sera ainsi augmentée. Si cet apport d'eau se fait en même temps tout le long de la tige, l'augmentation de pression sera très rapide et fera succéder très vite l'exsudation d'eau liquide à la transpiration.

Mais quelles sont les causes qui peuvent amener une diminution de la pression osmotique? Une modification dans la composition chimique du suc cellulaire pourrait intervenir, et se produit certainement dans certains cas. Mais on n'a pas de raison de penser que de pareils changements sont assez rapides pour expliquer les augmentations de pression qui ont lieu en quelques heures. Dans tous les cas, si ces changements de composition existent, on ne les connaît pas.

Il n'en est pas de même des variations de température. On sait que le pouvoir osmotique d'une solution devient moindre lorsque la température s'abaisse. Donc, lorsqu'une nuit fraîche succèdera à une journée chaude, le pouvoir osmotique des cellules diminuera et cela surtout dans les feuilles, qui sont plus directement exposées au refroidissement. C'est là une nouvelle raison, plus efficace peut-être que la poussée des racines, qui peut expliquer la production de gouttes d'eau à la surface des feuilles pendant les nuits d'été.

Un exemple numérique fera comprendre l'influence considérable que peuvent avoir les changements normaux de température sur le pouvoir osmotique des cellules et la pression interne des vaisseaux. On sait que la pression osmotique d'une solution augmente avec la température proportionnellement au binôme de dilatation des gaz; en appelant p^o le pouvoir osmotique à 0° le pouvoir P à t^o sera :

$$\mathrm{P} = \mathrm{p}^o \left(1 + \frac{t^o}{273}\right) = \mathrm{p}^o \, \frac{273 + t^o}{273}$$

Supposons que $\mathrm{p}^o = 10$ atmosphères et que la température s'abaisse de 15°, passant de 25° pendant le jour à 10° pendant la nuit. En appliquant la formule on trouve que la pression osmotique est de 10 atm. 91 pendant le jour et de 10 atm. 36 pendant la nuit, ce qui fait une diminution de 0 atm. 55. Les cellules rejetteront donc de l'eau dans les vaisseaux.

L'augmentation de pression qui en résultera pour les vaisseaux dépendra surtout du volume relatif de l'ensemble des vaisseaux et de l'ensemble des cellules. Admettons qu'à une diminution de 0 atm. 55 dans les cellules corresponde une augmentation quatre fois moindre dans les vaisseaux, soit de 0 atm. 14 environ. Si avant le changement de température $h - h' = 0$ atm. 07, après le changement $h' - h = 0$ atm. 07. Donc, si pendant le jour la pression interne des vaisseaux était inférieure à la pression atmosphérique d'une quantité équivalente à peu près à une colonne d'eau de 70 cm., pendant la nuit la pression interne sera supérieure à la pression atmosphérique de la même valeur. On conçoit que cette pression soit suffisante pour provoquer la sortie de gouttes d'eau par les stomates aquifères. Il est d'ailleurs probable que l'augmentation de pression provenant de l'abaissement de la température est souvent plus considérable.

Conclusion. — On voit par ces considérations fondées sur des faits connus que l'ascension de la sève peut s'expliquer très simplement par les propriétés osmotiques des cellules vivantes. La transpiration par les feuilles et l'absorption par les racines établissent des différences de pressions aux deux extrémités de la plante, mais le rôle principal est dévolu aux cellules du parenchyme ligneux qui, grâce à leur pouvoir osmotique, tendent à conserver une quantité d'eau constante.

La transpiration, qui accélère les mouvements de la sève, n'est nullement nécessaire pour les expliquer. Dans une plante qui ne transpire pas, les cellules du bois fonctionnent de la même façon que dans les plantes qui transpirent, mais il n'y a pas de diminution de pression dans les vaisseaux. C'est ce qui se passe normalement pendant l'hiver et même souvent pendant les nuits d'été. De même la poussée des racines n'est pas indispensable.

Le point essentiel sur lequel j'insiste encore en terminant, c'est que le poids de la colonne d'eau renfermée dans un vaisseau est supporté par les parois du vaisseau et ne se transmet pas sous forme de pression hydrostatique à la colonne d'eau renfermée dans le vaisseau qui est au-dessous. La pression à l'intérieur des vaisseaux est ainsi indépendante de la hauteur au-dessus du sol. Le mécanisme des mouvements de la sève est donc le même dans un arbre haut de 100 mètres que dans une herbe de quelques centimètres, dans une tige verticale que dans une tige horizontale.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

1. DIXON, H. — Transpiration and the ascent of Sap. (*Progress. rei Botanicæ*, III, 1-66, p. 1, 1909).
2. EWART, A.-J. — The ascent of water in Trees. (*Phil. Trans. of royal Society, London*, ser. B, vol. 198 et 199, 1908).
3. STRASBURGER, E. — Ueber das Saftsteigen (Iéna, 1893).
4. BONNIER, G. — Recherches sur la transmission de la pression à travers les plantes vivantes (*Rev. gén. Bot.*, Tome V, 1893).
5. E. GODLEWSKI. — Zur Theorie der Wasserbewegung in den Pflanzen (*Pringsh. Jahrb. f. wiss. Bot.*, 15, 1884).

RECHERCHES SUR L'INFLUENCE

d'un Mouvement continu régulier imprimé à une plante en végétation normale

par M. Paul PARMENTIER

A) *Question.* — En exerçant une action mécanique continue sur une plante en végétation, peut-on modifier sa force de résistance qui réside dans l'ensemble de ses éléments de soutien, c'est-à-dire son stéréome ?

B) *Technique.*—Pour répondre à cette question, j'ai soumis un pied de *Chanvre* à un mouvement continu, depuis l'époque où sa tige n'avait que 0 m. 06 de hauteur jusqu'à la maturité des graines. Pour cela, j'ai imaginé le dispositif suivant :

Un petit moteur à eau actionnait une roue de bicyclette disposée horizontalement. L'axe de cette roue était dans le prolongement vertical de la tige; il était fixé à une traverse horizontale qui, elle-même, l'était à deux montants de fer, le long desquels elle pouvait glisser et s'élever, à mesure que la plante s'allongeait. Un des rayons de la roue était muni d'une dizaine de petits crochets disposés assez régulièrement depuis le centre à la périphérie. Pour mettre la plante en mouvement, j'attachais, à deux centimètres environ de son extrémité supérieure, une lanière de caoutchouc dont l'autre extrémité était maintenue à l'un des crochets de rayon. Cette lanière, suffisamment tendue, inclinait la plante, de sorte que le mouvement imprimé à cette dernière décrivait un cône renversé. Ce mouvement, lent au début (20 tours de roue à la minute), a été porté à 60 tours à l'époque de la maturation des graines.

Observation. — Deux pieds de chanvre, cultivés en pleine terre, ont été soumis successivement à cette expérience.

Pour éviter de déranger les racines sous la traction de la lanière de caoutchouc, il importe de donner une stabilité suffisante à la base de la tige, ce qui s'obtient facilement en l'attachant à une traverse couchée sur le sol et fixée aux supports de la roue.

Ayant négligé de prendre cette précaution pour la première plante, j'ai dû arrêter son mouvement alors qu'elle n'avait que 0 m. 30 de hauteur, ses racines commençant à se briser. L'époque de l'année étant trop avancée, pour reprendre l'expérience sur un nouveau semis, j'ai continué mes recherches en choisissant une seconde plante ayant déjà 0 m. 20 de hauteur.

C) *Résultats.* — 1° *Port de la plante.* — (fig. 1) Le mouvement rotatoire imprimé à la plante a eu pour effet d'en restreindre le développement. Sa hauteur est plus faible que celle des individus témoins; mais elle est ramifiée plus régulièrement et son port est plus harmonieux (fig. 1 A comparée au témoin B). L'axe principal et les rameaux les plus voisins du sommet, ayant crû moins vite que les rameaux inférieurs, donnent à l'ensemble un aspect corymbiforme. Il semble qu'il y ait ici une analogie avec les plantes des régions montagneuses, le facteur mécanique étant considéré à l'exclusion de tous les autres. Les vents de la montagne ont, en effet, plus d'action sur la plante que ceux de la plaine, et rien n'infirme leur part d'influence sur le faible développement de la tige des plantes des régions élevées.

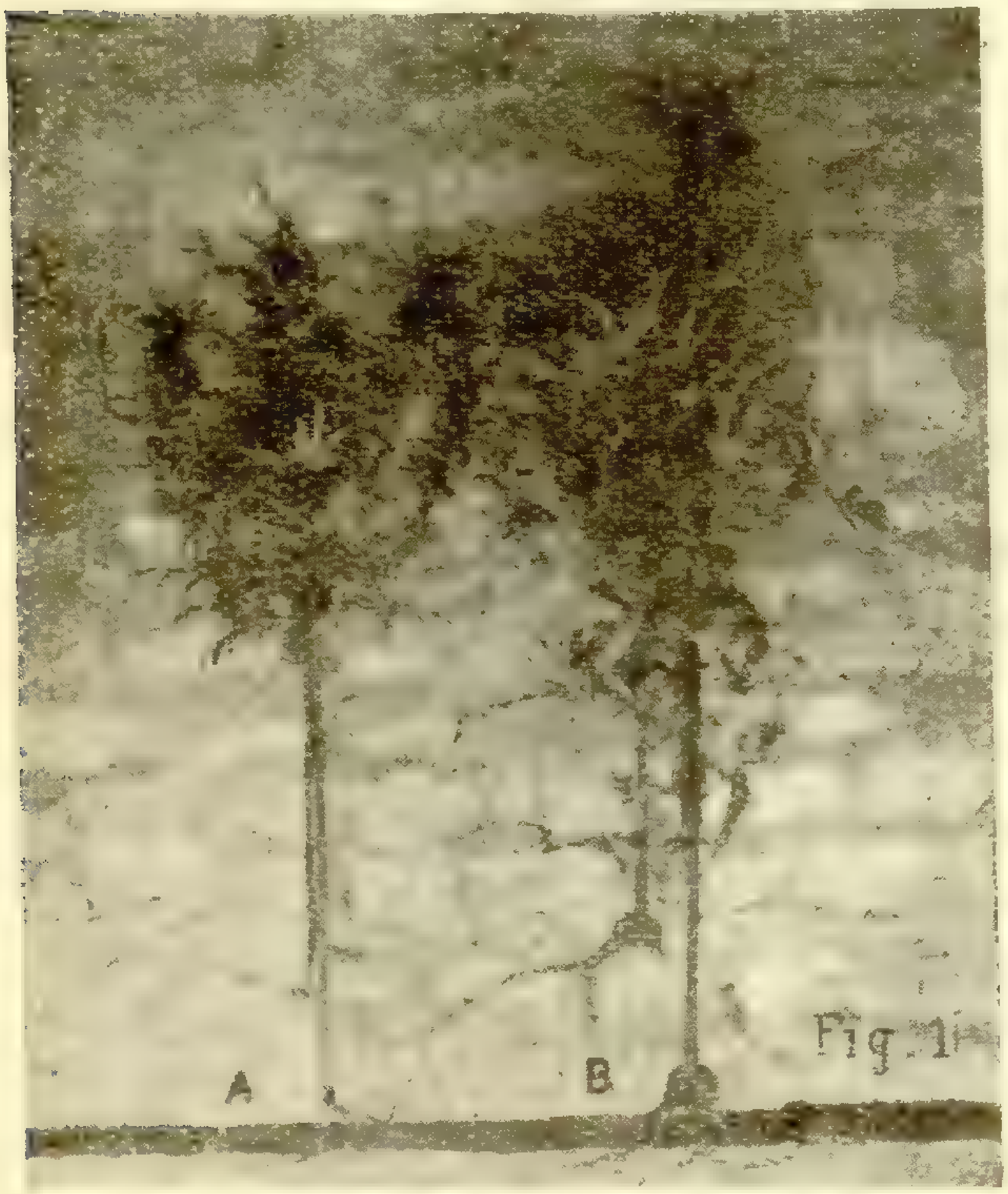


Fig. 1. — *Cannabis sativa.* A, plante en expérience; B, plante témoin.

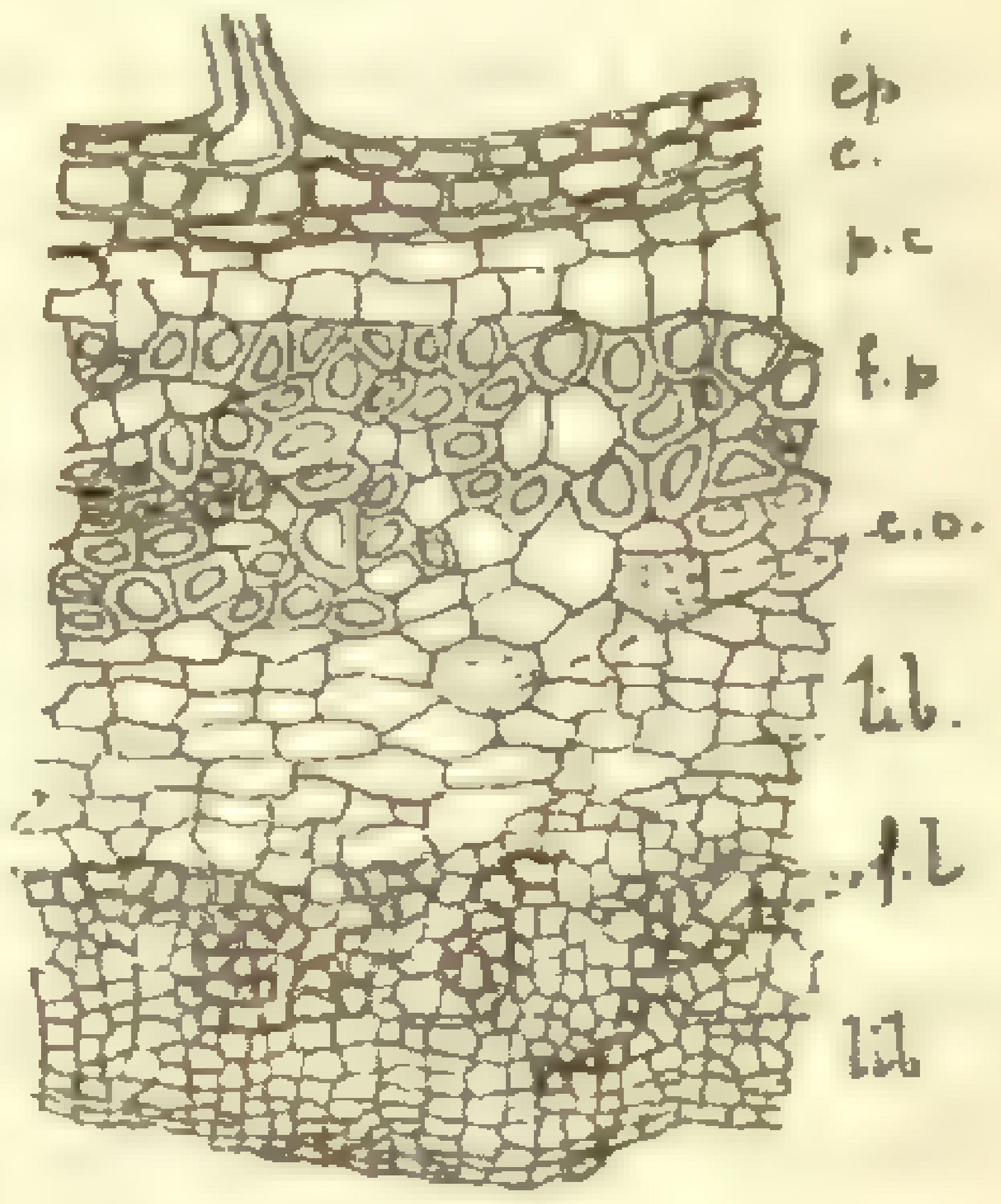


Fig. 2. — *Cannabis sativa,* coupe de tige de la plante témoin.

2° *Anatomie.* — Une coupe transversale, pratiquée dans la partie moyenne de la tige de la plante en expérience et d'un individu témoin ayant environ même taille, a donné les résultats suivants :

a) *Plante témoin.* — (fig. 2) Epiderme *(ép.)* à cuticule mince.

Parenchyme cortical *(p. c.)*, comprenant 4-5 assises de cellules, les deux externes collenchymateuses *(c.)*. Fibres péricycliques (fibres textiles, *f. p.*) puissamment développées, à parois assez épaisses, légèrement lignifiées à leur périphérie (fig. 3 A). Liber

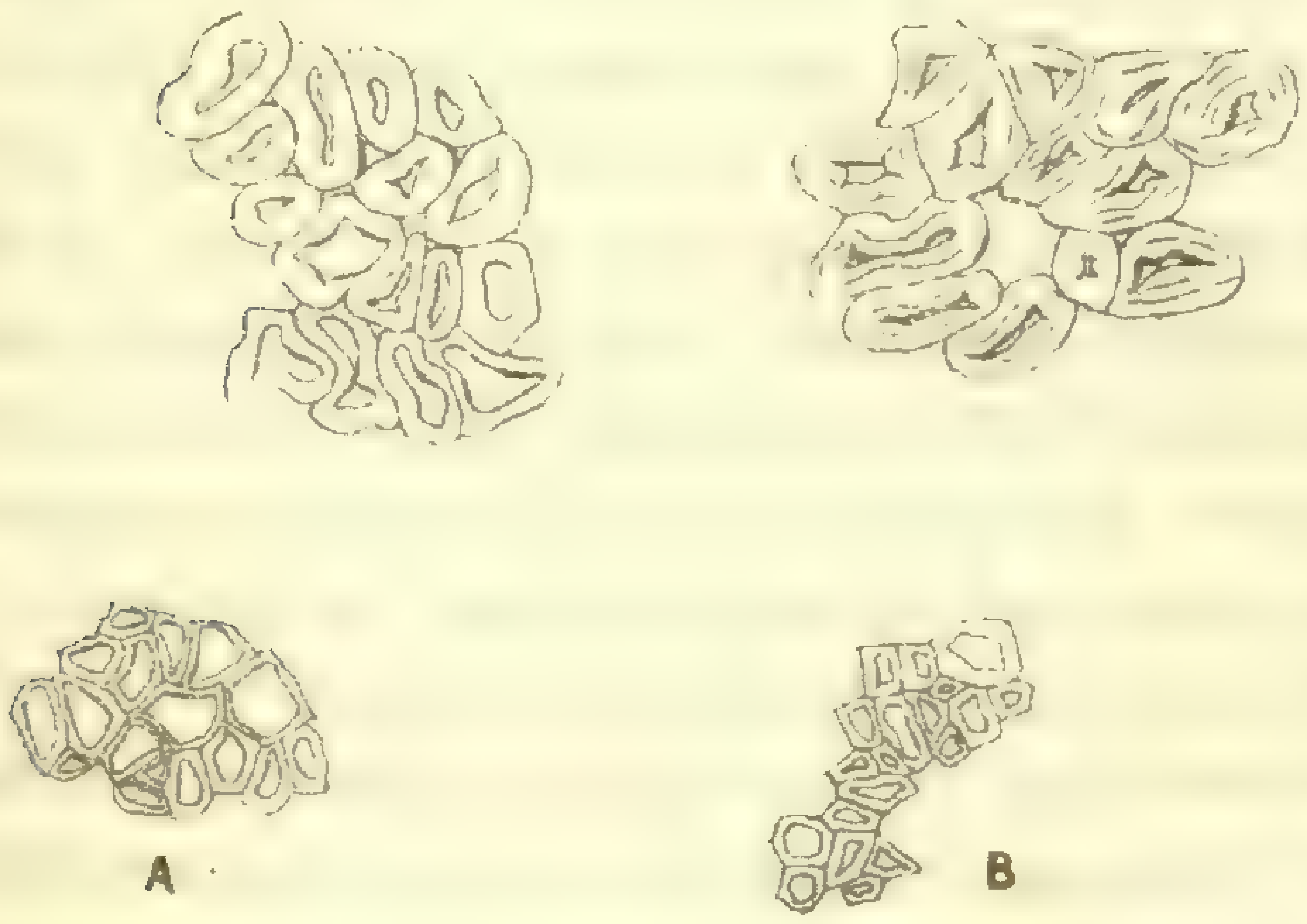


Fig. 3 à 6. — *Cannabis sativa :* A, plante normale, en haut, fibres péricycliques ; en bas, fibres libériennes. B, plante en expérience, en haut, fibres péricycliques ; en bas, fibres libériennes.

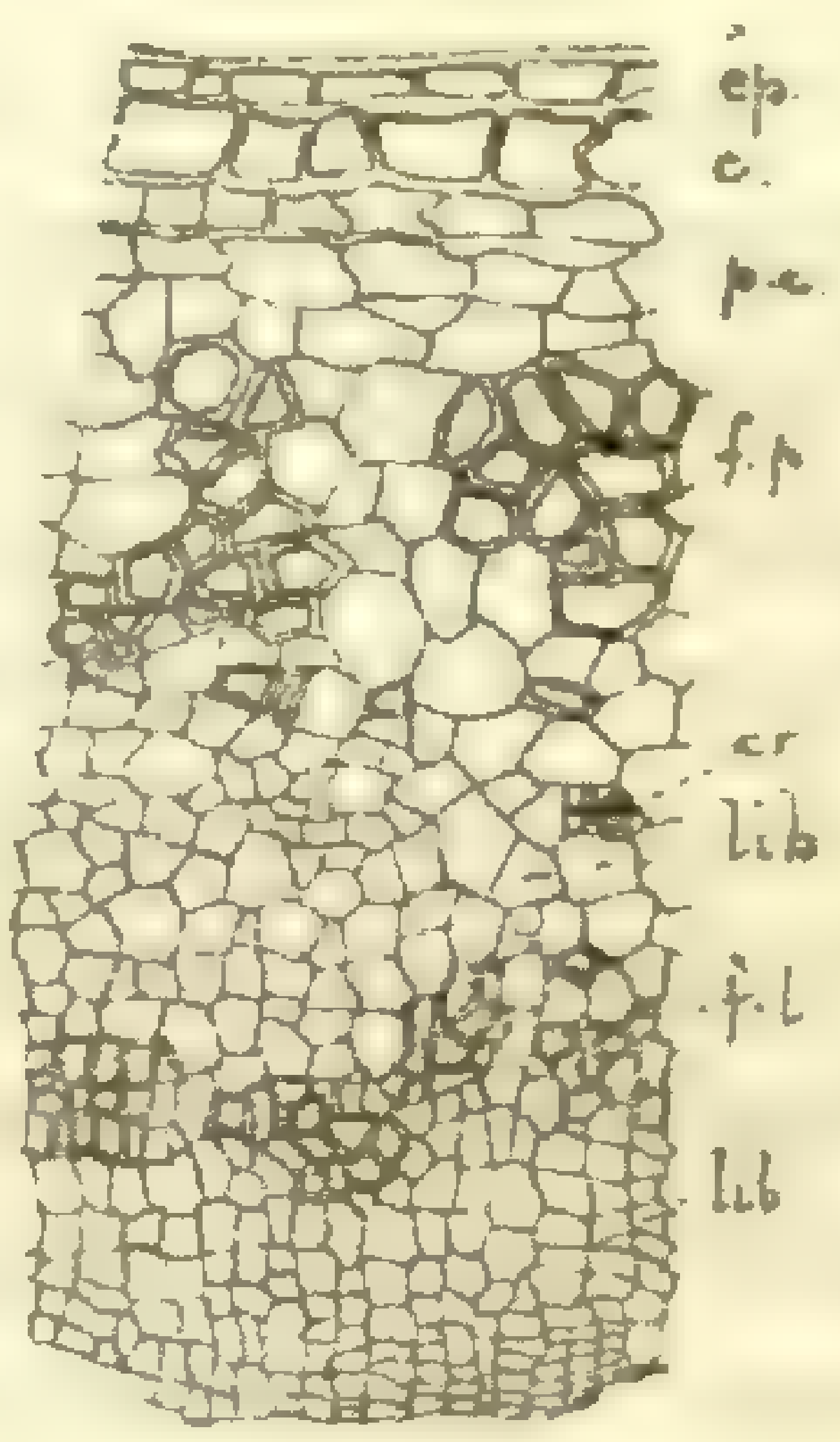


Fig. 7. — *Cannabis sativa*: Tige de la plante en expérience.

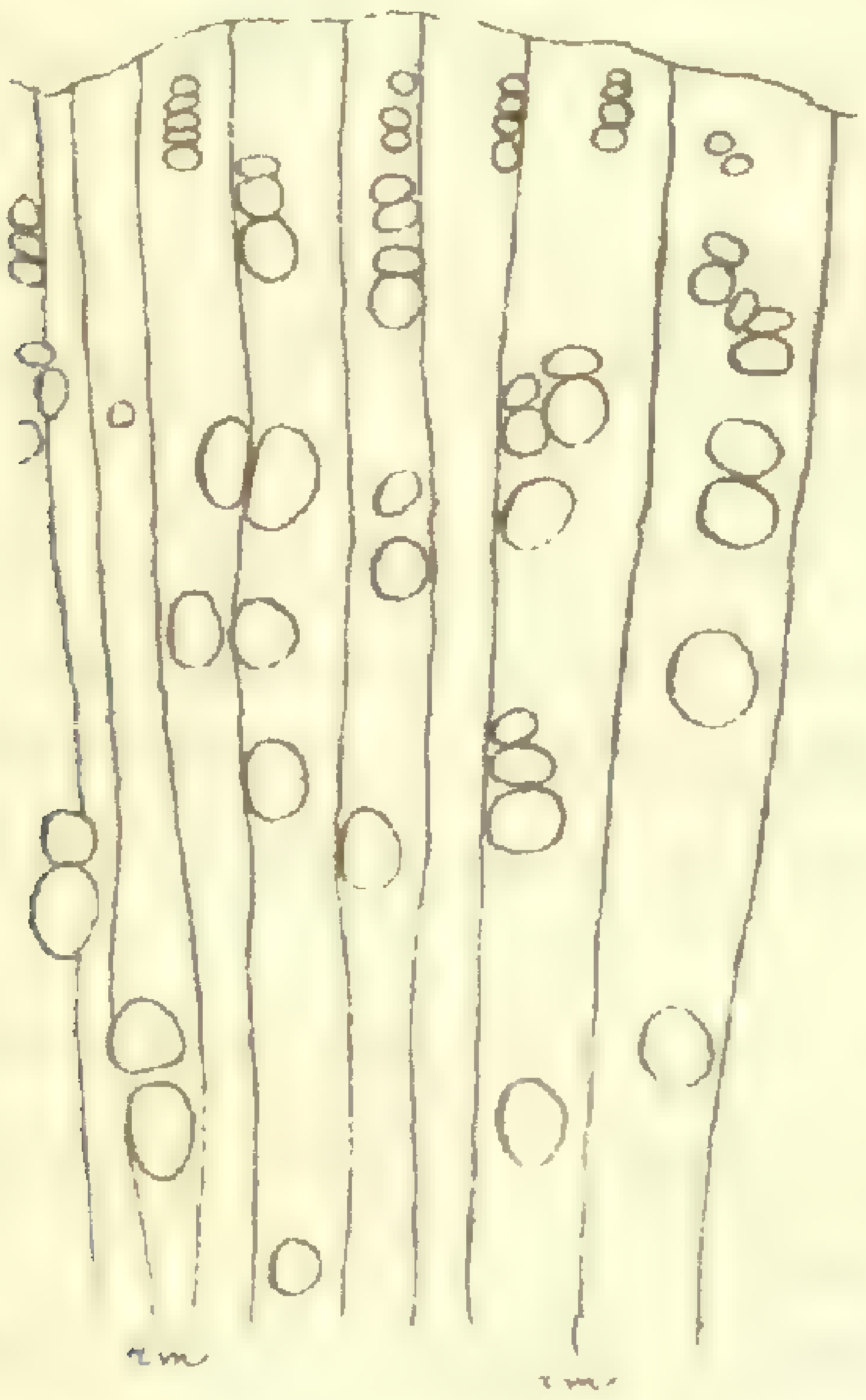


Fig. 8.— *Cannabis sativa*; plante témoin; bois.

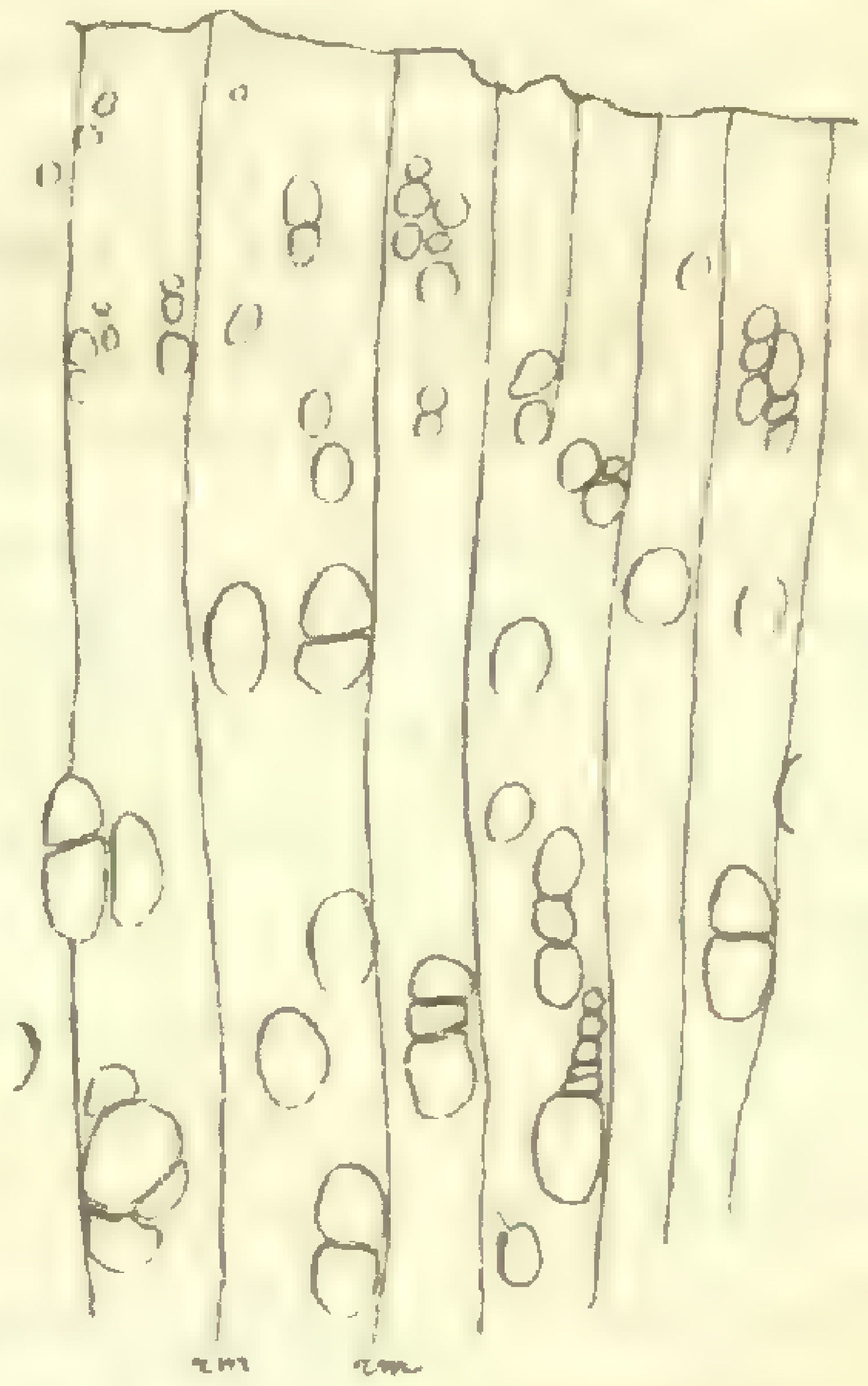


Fig. 9. — *Cannabis sativa* ; plante en expérience ; bois.

(lib.) abondant, à parois minces, renfermant de nombreuses fibres dans sa moitié interne (fig. 2 *f. l.* et fig. 3 A), des cellules oléifères *(c. o.)* et des cristaux en oursins *(cr)* dans sa moitié externe. Vaisseaux

ligneux (fig. 8), assez uniformément répartis dans toute l'épaisseur du bois. Plus nombreux et de calibre plus faible à la périphérie.

b) *Plante en mouvement*. — (fig. 7) Epiderme, parenchyme cortical et collenchyme identiques à ceux de la plante témoin. Fibres péricycliques *(f. p.)*, à parois un peu moins épaisses (fig. 3 B et fig. 7 *f. p.*) et très faiblement lignifiées à l'extérieur. Liber aussi puissant que dans fig. 2. Fibres libériennes (fig. 7 *f. l.* et fig. 3 B), à lumen plus large et de même épaisseur. Cellules oléifères à contenu invisible sous l'action des réactifs (peut-être ont-elles disparu); celles de la tige témoin étant fortement colorées et par conséquent très visibles. Amidon très abondant dans les rayons médullaires et nul dans la plante témoin. Cristaux en oursins, non modifiés et aussi nombreux. Vaisseaux du bois (fig. 9), de même calibre, uniformément répartis dans toute l'épaisseur du cylindre, mais moins nombreux à la périphérie que dans la tige témoin.

Conclusions. — L'influence d'un mouvement continu régulier imprimé à une plante en végétation normale, est de nature à produire dans cette plante, dès la première année de l'expérience, des modifications assez sensibles qu'il est intéressant de suivre pendant plusieurs années, pour tâcher de les accentuer et de leur conférer l'hérédité par le semis. Le pied de chanvre expérimenté en 1909 (pied femelle) ayant parfaitement grainé, je reprendrai ces recherches en 1910, à l'aide des graines récoltées.

En ce qui concerne le *Chanvre*, j'ai donc pu constater que :

1° La tige est plus courte que chez les individus témoins; sa ramification est corymbiforme;

2° Les fibres péricycliques (fibres textiles) sont moins lignifiées à l'extérieur, mais elles sont à parois un peu moins épaisses;

3° Les cellules oléifères du liber paraissent avoir disparu et de l'amidon s'est accumulé en grande quantité dans la partie libérienne (signe de souffrance);

4° Le bois est moins vasculaire à la périphérie du cylindre ligneux que chez l'individu témoin, malgré l'état de fraîcheur du sol entretenu par le voisinage de la turbine;

5° Le stéréome utile (fibres textiles) n'a pas subi de modifications sérieuses pendant la première année d'expérience.

Besançon, *Laboratoire de Botanique agricole*, Février 1910.

NOTES BIBLIOGRAPHIQUES

ED. STRASBURGER. — **Zeitpunkt der Bestimmung des Geschlechts, Apogamie, Parthenogenesis und Reduktionstellung.** — (Iena -- G. Fischer. 1909.)

Dans cet important Mémoire de plus de 120 pages, STRASBURGER passe en revue les principales questions qui touchent de près ou de loin à la cytologie : la détermination du sexe, l'apogamie et la parthénogénèse, la réduction chromatique. Ces questions sont loin d'être résolues et les divergences entre les auteurs semblent même s'être accentuées encore pendant ces dernières années. Pour aider à la solution de ces problèmes difficiles, STRASBURGER apporte les résultats de ses dernières recherches et il analyse en même temps et critique avec soin les observations des autres cytologistes.

Pour la détermination du sexe chez les plantes dioïques, les Bryophytes présentent des cas intéressants. Chez *Sphœrocarpus terrestris* et *Sph. californicus*, en particulier, les gamétophytes (appareil végétatif) portent les uns exclusivement des anthéridies fournissant des anthérozoïdes, ce sont des gamétophytes mâles, les autres des archégones, fournissant des oosphères, ce sont des gamétophytes femelles. Le sporophyte (ici le sporogone) résultant de la fécondation de l'oosphère va donner à son tour des spores qui se forment par tétrades, ou groupes de quatre, grâce à deux divisions successives des cellules-mères des spores. Parmi les quatre spores issues d'une même cellule-mère, 2 sont mâles et donneront naissance à des gamétophytes mâles porteurs d'anthéridies, tandis que les 2 autres sont femelles et produiront des gamétophytes femelles porteurs d'archégones. Ainsi chacune des tendances sexuelles est encore renfermée dans la cellule-mère des spores et c'est une des deux divisions de celle-ci qui accomplit leur séparation.

Nous trouvons plus loin l'étude approfondie du cas de parthénogénèse du *Wikstrœmia indica*. Dans cette plante, la division de la cellule-mère du sac embryonnaire est bien accompagnée d'un abaissement du nombre des chromosomes, abaissement qui peut même aller jusqu'à la moitié, mais les prophases, si caractéristiques de la division réductionnelle, font défaut et STRASBURGER en conclut qu'il n'y a pas ici véritablement réduction chromatique et que cette division ne mérite pas le nom de division réductionnelle.

La structure du noyau, la division somatique et surtout la division réductionnelle sont actuellement l'objet de nombreuses controverses. STRASBURGER est partisan de la théorie de l'autonomie des chromosomes; on sait que d'après cette théorie les chromosomes séparés lors d'une division nucléaire ne se confondent pas dans le noyau au repos: ils y gardent leur individualité, souvent cachée il est vrai par leur déformation et les anastomoses qu'ils contractent entre eux, et les chromosomes qui paraissent lors de la prophase d'une division donnée sont les chromosomes mêmes de l'anaphase de la division précédente. L'auteur attire particulièrement l'attention sur ce fait que dans beaucoup de noyaux somatiques au repos, les chromosomes se groupent par paires (*Galtonia candicans*, etc.), et il suppose que les chromosomes composant une paire sont homologues, c'est-à-dire porteurs de propriétés héréditaires correspondantes, et qu'ils sont, l'un d'origine paternelle,l'autre d'origine maternelle;ils se séparent avant la division somatique, chacun se divise longitudinalement lors de la métaphase et leurs moitiés se retrouvent et se rapprochent de nouveau dans chacun des noyaux-filles.

Pendant les prophases de la division réductionnelle, l'union des deux chromosomes d'une même paire devient plus intime: ils s'accolent étroitement pendant le synapsis et se trouvent placés parallèlement et côte à côte dans le filament du spirème. L'apparence double que présente fréquemment ce filament est due à un relâchement de l'union des deux chromosomes accolés, mais ceux-ci ne se séparent pas encore et les « *gemini* », ou chromosomes doubles de la division réductionnelle, sont formés chacun de deux chromosomes homologues placés côte à côte. Ces gemini représentent donc les paires de chromosomes des noyaux somatiques, mais tandis que,dans ceux-ci, les deux chromosomes homologues se séparent avant la mitose, ils restent unis dans les gemini jusqu'à la métaphase. On comprend ainsi la réduction de moitié du nombre des chromosomes, chaque gemini étant en réalité un chromosome double composé de deux chromosomes somatiques. La division réductionnelle ne comporte pas de division longitudinale; elle a seulement pour résultat d'accomplir la séparation des deux chromosomes homologues d'un même gemini, dont chacun se rend à un noyau-fille distinct. Les chromosomes qui se rendent aux noyaux-filles présentent déjà une fissuration et les moitiés longitudinales ainsi déterminées se sépareront lors de la division homœotypique (2^{me} division); celle-ci étant préparée à l'avance s'exécute avec une grande rapidité.

La cellule-mère des macrospores de *Marsilia Drummondi* (apogame) traverse les prophases normales de la division réductionnelle mais, après le synapsis, les chromosomes au lieu d'être groupés en gemini se séparent et se rendent isolément à la plaque nucléaire qui présente ainsi le nombre diploïde (complet) des chromosomes; ceux-ci se divisent alors longitudinalement et leurs moitiés se trouvent séparées dès la métaphase de la première division au lieu de rester unies jusqu'à la division homœotypique. Par suite, cette division homœotypique n'est plus nécessaire et l'on observe en effet qu'elle fait défaut chez plusieurs plantes apogames (*Wikstræmia*, diverses Composées, etc.). En réalité, la division de la cellule-mère des macrospores de *Marsilia Drummondi*, par la séparation prématurée des chromosomes d'un même gemini et par la division longitudinale des chromosomes simples ainsi libérés est devenue une véritable division typique. Il n'y a pas eu réduction chromatique; les spores issues de cette division et les gamétophytes nés de ces spores posséderont des noyaux à nombre diploïde (complet) de chromosomes et il en sera de même des oosphères produites par ces gamétophytes. L'oosphère contenant un nombre double de chromosomes n'aura pas besoin d'être complétée par la fécondation. L'apogamie du gamétophyte était ainsi en quelque sorte annoncée et préparée dès la division de la cellule-mère des spores.

Des cas intéressants de divisions sont fournis par les *Polytrichum* et les *Mnium*. Chez ces mousses, J. et W. van LEEUWEN-REIJNVAAN ont vu lors de la dernière division des cellules mères des anthérozoïdes le nombre des chromosomes diminuer de moitié. Or, ce n'est jamais à ce point de l'évolution de la plante que se produit la division réductionnelle mais bien lors de la formation des spores. D'ailleurs, cette division anormale de la cellule-mère des anthérozoïdes ne présente pas les prophases caractéristiques des divisions réductionnelles et n'est suivie d'aucune autre division tandis qu'une division homœotypique succède toujours à une division réductionnelle véritable. Il s'agit sans doute ici du partage entre deux noyaux des chromosomes d'un noyau haploïde (à nombre réduit de chromosomes); les anthérozoïdes produits ne posséderaient donc que la moitié du nombre réduit des chromosomes et chacun correspondrait à un demi-anthérozoïde normal. Cette interprétation s'accorderait avec le fait relevé par les mêmes auteurs de la fécondation de l'oosphère de ces mousses par deux anthérozoïdes qui se compléteraient ainsi l'un l'autre.

STRASBURGER examine aussi la question encore très obscure des conjugaisons de noyaux chez les Ascomycètes et celle non moins confuse des hybridations par greffage.

Le Mémoire se termine par un essai de phylogénie du noyau. L'auteur nous montre les facultés « formatives » et « nutritives » confondues d'abord dans l'être simple primitif dont tous les autres sont dérivés. Puis ces facultés se séparent peu à peu; les premières se localisent dans les grains de chromatine épars que l'on peut observer au sein du protoplasme dans plusieurs organismes inférieurs et qui sont les premiers porteurs de l'hérédité. A un degré plus élevé d'organisation ces grains s'assemblent et le noyau se forme. Les éléments nucléaires sont d'abord peu différents les uns des autres et la division directe du noyau suffit à accomplir leur partage entre deux noyaux-filles semblables; mais bientôt ces éléments se spécialisent et se différencient; chacun a un rôle et des propriétés déterminées et il devient nécessaire pour assurer la transmission de toutes les propriétés héréditaires que chacun des noyaux-filles ait une part égale de chacun des éléments du noyau de la cellule-mère. C'est alors qu'apparaît la division karyokinétique caractérisée par la division longitudinale de chaque chromosome et par le transport d'une des moitiés ainsi séparées vers chacun des noyaux-filles.

Strasburger est favorable à la théorie des pangènes et n'attribue aucun rôle au cytoplasme dans la transmission des caractères héréditaires.

E. de Lary de la Tour.

CHRONIQUES ET NOUVELLES

M. Molliard, chargé du Cours de Physiologie végétale à la Sorbonne, vient d'être nommé Professeur adjoint.

L'École supérieure d'Alger ayant été transformée en Université, M. A. Maige, a été nommé Professeur à la Faculté des Sciences d'Alger.

On annonce la mort de M. le Dr Arthur Bordier, Directeur de l'École de Médecine et de Pharmacie de Grenoble et Professeur d'Histoire naturelle.

⁂

Un Institut Municipal de Biologie vient d'être fondé à Francfort-sur-Mein.

⁂

L'Université de Léopold (Lemberg), vient de faire l'acquisition d'un terrain pour la création d'un nouveau jardin botanique.

Lille. — Imp. Le Bigot Frères. Le Gérant, Pieters.

MODE DE PUBLICATION & CONDITIONS D'ABONNEMENT

La *REVUE GÉNÉRALE DE BOTANIQUE* paraît le 15 de chaque mois et chaque livraison est composée de 32 à 64 pages avec planches et figures dans le texte.

Le prix annuel (payable d'avance) est de :

20 fr. pour Paris, les Départements et l'Algérie.
22 fr. 50 pour l'Étranger.

Aucune livraison n'est vendue séparément.

Adresser les demandes d'abonnements, mandats, etc., à M. l'Administrateur de la LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT, 1, rue Dante, à Paris.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. Gaston BONNIER, professeur à la Sorbonne, 15, rue de l'Estrapade, Paris.

Il sera rendu compte dans les revues spéciales *des ouvrages, mémoires ou notes dont un exemplaire aura été adressé au Directeur de la* Revue générale de Botanique. *De plus, l'ouvrage envoyé sera annoncé immédiatement sur la couverture.*

Les auteurs des travaux insérés dans la *Revue générale de Botanique* ont droit gratuitement à vingt-cinq exemplaires en tirage à part.

PRINCIPAUX COLLABORATEURS

DE LA

Revue générale de Botanique

Aubert, docteur ès sciences.

Battandier, professeur à l'École de médecine d'Alger.

Becquerel (Paul), docteur ès sciences.

Bernard, maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Caen.

Blaringhem, docteur ès sciences.

Boergesen, docteur ès sciences de l'Université de Copenhague.

Bonnier (Gaston), membre de l'Académie des Sciences.

Bornet, membre de l'Académie des Sciences.

Boudier, président de la Société de Mycologie.

Boutroux, professeur à la Faculté des Sciences de Besançon.

Briquet, prof. à l'Université de Genève

Brunotte, chargé de cours à l'École de pharmacie de Nancy.

Chauveaud, directeur-adjoint à l'École des Hautes-Etudes.

Costantin, professeur au Muséum d'Histoire naturelle.

Coupin, chef de travaux à la Sorbonne.

Daniel, professeur à la Faculté des Sciences de Rennes.

Dassonville, de l'Institut Pasteur.

Devaux, professeur à l'Université de Bordeaux.

Dubard, maître de Conférences à la Sorbonne

Ducamp, docteur ès sciences.

Dufour, directeur-adj. du Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau.

Eriksson (Jakob), professeur à l'Académie royale d'Agriculture de Suède.

Finet, préparateur au Muséum.

Flahault, professeur à l'Université de Montpellier.

Flot, docteur ès sciences.

Fockeu, profes. à l'Université de Lille.

Friedel (Jean), Conservateur des Collections botaniques de la Sorbonne.

Gain, prof.-adj. à l'Université de Nancy.

Gallaud, docteur ès sciences.

Gatin, docteur ès sciences, préparateur à la Sorbonne.

Giard, membre de l'Académie des Sciences.

Goldberg, docteur ès sciences de l'Université de Varsovie.

Grélot, professeur à l'École supérieure de pharmacie de Nancy.

Griffon, professeur à l'École supérieure d'Agriculture de Grignon.

Guignard, membre de l'Académie des Sciences.

Guilliermond, docteur ès sciences.

Heckel, prof. à l'Université de Marseille.

Henry, prof. à l'École forestière de Nancy.

Hérissey, chef de travaux à l'École supérieure de Pharmacie de Paris.

Hervier (l'abbé Joseph).

Hickel, inspecteur des forêts.

Hochreutiner, docteur ès sciences, de l'Université de Genève.

Houard, Lauréat de l'Institut.

Houlbert, docteur ès sciences.

Hue (l'abbé), lauréat de l'Institut.

Hy (l'abbé), professeur à la Faculté catholique d'Angers.

Jaccard, professeur au Polytechnicum de Zurich.

Jacob de Cordemoy (H.), chargé de cours à l'Université de Marseille.

Janczewski (de), professeur à l'Université de Cracovie.

Jonkman, de l'Université d'Utrecht.

Jumelle, professeur à la Faculté des Sciences de Marseille.

Kolderup-Rosenvinge, docteur ès sciences, de l'Université de Copenhague.

Kövessi, inspecteur de la viticulture de Hongrie.

Lagerheim (de), prof. à l'Université de Stockholm.

Laurent, professeur à l'École de médecine de Reims.

Leclerc du Sablon, professeur à la Faculté des Sciences de Toulouse.

Lefèvre (J.), professeur à l'École des Sciences du Hâvre.

Lesage, maître de Conférences à l'Université de Rennes.

Lothelier, docteur ès sciences.

Lubimenko, assistant au Jardin Nikita, Crimée.

Macmillan (Conway), professeur à l'Université de Minnesota.

Magnin, prof. à l'Univers. de Besançon.

Maige, professeur à l'École supérieure des Sciences d'Alger.

Matruchot, prof.-adjoint à la Sorbonne.

Mer, directeur de la Station forestière de l'Est.

Mesnard, professeur à l'École de médecine de Rouen.

Mirande, professeur à l'Université de Grenoble.

Molliard, Professeur-adjoint à la Sorbonne.

Palladine, prof. à l'Université de Saint-Pétersbourg.

Paulsen (O^{ve}), docteur ès sciences de l'Université de Copenhague.

Posternak, docteur ès sciences de l'Université de Zurich.

Poulsen, docteur ès sciences de l'Université de Copenhague.

Prillieux, membre de l'Académie des Sciences.

Prunet, prof. à l'Université de Toulouse.

Rabot (Charles), explorateur.

Ray, maître de conférences à l'Université de Lyon.

Richter (André), assistant à l'Université de Saint-Pétersbourg.

Ricôme, maître de Conférences à l'Université de Lille.

Russell (William), docteur ès sciences.

Sabline, de l'Université de Saint-Petersbourg.

Seignette, docteur ès sciences.

Smirnoff, de l'Université de St-Pétersbourg.

Téodoresco, docteur ès sciences, professeur à l'Université de Bucharest.

Thouvenin, professeur à l'École de médecine de Besançon.

Trabut, prof. à l'École de médec. d'Alger.

Tswett, de l'Université de Varsovie.

Vallot (J.), directeur de l'Observatoire du Mont-Blanc.

Van Tieghem, membre de l'Académie des Sciences.

Viala, prof. à l'Institut agronomique.

Viguier, docteur ès sciences, préparateur au Muséum d'Histoire naturelle.

Vries (Hugo de), professeur à l'Université d'Amsterdam.

Vuillemin, professeur à la Faculté de médecine de Nancy.

Warming, prof. à l'Univ. de Copenhague.

Zeiller, membre de l'Académie des Sciences.

Lille. — Imp. Le Bigot frères.

Le Gérant, Ch. Piéters.

REVUE GÉNÉRALE

DE

BOTANIQUE

DIRIGÉE PAR

M. Gaston BONNIER

MEMBRE DE L'INSTITUT,

PROFESSEUR DE BOTANIQUE A LA SORBONNE

TOME VINGT-DEUXIÈME

Livraison du 15 Avril 1910

Nº 256

Entered at the New-York Post Office
as Second Class matter.

PARIS
LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT
1, RUE DANTE, 1

1910

SOMMAIRE DU 15 AVRIL 1910

I. — INFLUENCE DE LA LUMIÈRE SUR LE DÉVELOPPEMENT DES FRUITS ET DES GRAINES CHEZ LES VÉGÉTAUX SUPÉRIEURS (avec figures dans le texte), par **M. W. Lubimenko** 145

II. — NOTES BIBLIOGRAPHIQUES 176

III. — CHRONIQUES ET NOUVELLES 176

Pour le mode de publication et les conditions d'abonnement voir la troisième page de la couverture.

Cette livraison renferme trois figures dans le texte.

Pour tout ce qui concerne les Annonces, s'adresser à Monsieur l'Administrateur de la Librairie générale de l'Enseignement, 1, rue Dante, Paris (Ve).

INFLUENCE DE LA LUMIÈRE

sur le

DÉVELOPPEMENT DES FRUITS ET DES GRAINES

Chez les Végétaux supérieurs

Par M. W. LUBIMENKO

Comme on le sait, l'époque de la fructification chez une plante se distingue de l'époque de la croissance végétative par un changement important dans le développement morphologique des organes. Il est légitime de considérer ce changement comme un résultat extérieur de modifications profondes dans les phénomènes physiologiques, encore peu connus, de la vie intérieure de l'organisme. En effet, on sait depuis longtemps que certaines conditions extérieures, qui favorisent la fructification, sont plutôt défavorables à la croissance des organes végétatifs et vice versa. La connaissance de ces conditions extérieures permet maintenant à l'expérimentateur de régler à volonté, dans certaines limites, le développement de certaines plantes inférieures. En faisant varier l'éclairement ou la nutrition, l'expérimentateur peut, ou conserver ces organismes au stade de la croissance végétative un temps indéfini, ou les faire fructifier très rapidement (1).

Les plantes inférieures présentent, pour des expériences de ce genre, beaucoup d'avantages, car leur développement, d'une génération à l'autre, s'accomplit très rapidement. On peut, par conséquent, dans un laps de temps assez court, faire des expériences très variées sur le développement de ces organismes.

Mais on rencontre, au contraire, de grandes difficultés quand on choisit comme objets pour ces recherches, des plantes supérieures et surtout des arbrisseaux ou des arbres. Dans beaucoup de cas, les expériences sur ces dernières plantes demandent un temps très long et une technique très compliquée. C'est pourquoi nous n'avons que de rares données expérimentales sur les facteurs extérieurs qui agissent directement sur la fructification des plantes supérieures.

---

(1) Klebs, G. *Willkürliche Entwicklungsänderungen*. Jena, 1903.

Mais certains résultats positifs de morphologie expérimentale, obtenus tout dernièrement (1), nous font espérer que dans un avenir peu éloigné, le physiologiste saura régler le développement et la fructification aussi bien des plantes supérieures que des plantes inférieures.

Au point de vue physiologique, il faut distinguer dans la fructification d'une plante supérieure deux stades successifs : le stade de la floraison et le stade du développement des fruits et des graines. Le premier stade se caractérise physiologiquement par une consommation énergique des réserves organiques accumulées dans la plante même. Jusqu'à la fécondation des fleurs, par laquelle se termine ce stade, c'est la plante-mère elle-même qui consacre ses réserves à la formation et au développement des organes sexuels. Après la fécondation des fleurs, ce sont les embryons qui prennent le rôle actif dans la consommation des réserves accumulées dans la plante-mère, ce qui distingue le second stade de la fructification du premier. L'intérêt physiologique au cours du second stade se concentre sur les phénomènes de la nutrition et des échanges gazeux des jeunes embryons, puisque la plante-mère ne joue plus, à ce stade, que le rôle d'une source de substances plastiques.

Il faut remarquer que les données que nous trouvons dans la bibliographie sur la physiologie de la fructification se rapportent presque exclusivement au stade de la floraison (2). Les phénomènes physiologiques du développement de l'embryon, à partir de la fécondation de l'œuf jusqu'à la maturation de la graine, restent, au contraire, inconnus. Dans certains travaux consacrés aux échanges gazeux de la plante, ou dans ceux qui traitent des transformations chimiques des substances organiques, telles que certaines substances azotées ou hydrocarbonées ou encore les graisses, nous trouvons aussi, il est vrai, quelques indications sur les phénomènes physiologiques qui se produisent dans les fruits ou les graines pendant leur développement. Mais, toutes ces recherches ont laissé de côté la vie physiologique de l'embryon lui-même. Il ne faut pas oublier que cette vie est une sorte de parasitisme particulier, car l'embryon accomplit tout son développement à l'intérieur des tissus vivants de la plante-mère. La première question que le physiologiste peut se poser dans ce cas est la suivante : quelles sont les particularités physiologiques de la nutrition et des échanges gazeux à l'intérieur d'un tissu vivant ? On comprend aisément que la meilleure méthode pour éclaircir cette question serait la culture artificielle d'un œuf hors du sac embryonnaire. Mais, comme le montre l'insuccès des expériences de M. Hannig (1), cette méthode présente beaucoup de difficultés. Ce savant a essayé, tout dernièrement, de cultiver, non pas des œufs fécondés, mais de très jeunes embryons de Crucifères hors du sac embryonnaire. Ces embryons étant mis en contact avec une solution nutritive artificiellement préparée, continuent à croître un temps plus ou moins long, mais ils meurent ensuite sans atteindre un développement considérable. D'après M. Hannig, la mort des embryons dans ce cas est occasionnée par l'insuffisance de la nutrition azotée. Comme le montre l'expérience, les embryons n'assimilent ni les nitrates, ni les corps protéiques, d'origine animale ou végétale, que M. Hannig a essayé de mettre dans ses solutions nutritives.

---

(1) Klebs, G.: l. c.

(2) Sachs, J. : *Ueber den Einfluss des Tageslichtes auf die Neubildung und Entfaltung verschiedener Pflanzenorgane* (Bot. Ztg., 1863).

Id. : *Wirkung des Lichtes auf die Blüthenbildung unter Vermittelung der Laubblatter* (Bot. Ztg., 1865).

Id. : *Ueber die Wirkung der ultraviolellen Strahlen auf die Blüthenbildung* (Arb. d. Bot. Inst. in Würzburg., 1887).

Id. : *Stoff und Form der Pflanzenorgane* (Arb. d. Bot. Inst. in Würzburg; t. II, p. 452).

De Candolle, C. : *Étude de l'action des rayons ultra-violets sur la formation des fleurs* (Arch. d. Sc. phys. et nat., Genève; t. XXVIII, 1892, p. 265-277).

Montemartini, L. : *Intorno all' influenza dei raggi ultravioletti sullo svilupo degli organi di riproduzione delle piante* (Atti Istit. Bot. di Pavia, N. ser. t. IX).

Beylaygue, L. : *Influence de l'obscurité sur le développement des fleurs* (Comptes-rendus, t. 132, 1901, p. 720).

Maige, A. : *Recherches sur la respiration de la fleur* (Rev. gén. de Botanique, t. XVIII, 1906).

Maige, G. (M^{me}) : *Recherches sur la respiration de l'étamine et du pistil* (Rev. gén. Botanique, t. XXI, 1909).

J'ai fait aussi, il y a deux ans, quelques expériences sur de jeunes embryons de *Pisum sativum*. La solution nutritive que j'ai employée pour les cultures stérilisées de ces embryons renfermait du saccharose et les sels minéraux nécessaires, parmi lesquels le nitrate de potassium comme source d'azote. Une série de cultures a été exposée à la lumière diffuse du jour et une autre a été placée à l'obscurité. J'ai eu dans tous les cas des résultats négatifs : au bout de quelque temps les embryons sont morts.

On peut rapprocher ces résultats des faits observés par

---

(1) Hannig, E. : *Zur Physiologie der pflanzlichen Embryonen*. (Bot. Ztg. 1905, 1906, 1907).

M. Jost (1) sur les tubes polliniques. Comme on le sait, la croissance d'un tube pollinique s'accomplit à l'intérieur du tissu vivant du pistil; et, à ce point de vue, le développement d'un tube pollinique ressemble beaucoup au développement d'un embryon. On sait, d'autre part, que les grains de pollen, sauf quelques éxceptions, germent facilement sur différentes solutions artificielles. Or, M. Jost a observé que les tubes polliniques ainsi obtenus n'atteignent jamais la longueur du pistil d'une fleur naturelle de l'espèce en expérience. Au contraire, on obtient des tubes polliniques deux et même trois fois plus longs que le pistil, quand on les fait croître à l'intérieur du tissu de ce dernier. Pour cela, M. Jost fixe au bout d'un pistil un autre pistil et ainsi de suite; le tube pollinique dans ce cas, après avoir atteint la longueur du premier pistil, continue à croître dans le tissu du suivant.

On voit, d'après ces faits, que le développement normal d'un embryon ou d'un tube pollinique exige certaines conditions particulières, qui sont réalisées dans un tissu vivant de la plante, et qui nous échappent dans nos cultures artificielles. Les recherches futures nous montreront quelles sont ces conditions et comment il faut opérer pour obtenir des embryons normaux dans une culture artificielle. En laissant à l'avenir l'invention d'une technique appropriée pour cette sorte de culture, j'ai essayé d'éclaircir certaines questions de la physiologie du développement des fruits et des graines sans les séparer de la plante-mère. On voit donc que les recherches que j'ai entreprises concernent le second des deux stades de la fructification signalés plus haut.

Toutes mes expériences ont été faites au jardin du Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau. Je profite de l'occasion pour exprimer ici ma plus vive reconnaissance à M. Gaston Bonnier, le Directeur de ce Laboratoire, pour son aimable hospitalité, ainsi que pour les conseils précieux qu'il m'a prodigués au cours de mon travail.

EXPOSÉ DES RECHERCHES

I. ÉTUDE DU MILIEU DANS LEQUEL SE DÉVELOPPENT LES GRAINES. — UTILITÉ D'UNE ATMOSPHÈRE CLOSE.

Comme on le sait, chez les Angiospermes, la graine se développe dans un espace clos, entouré par les parois de l'ovaire qui donnent le péricarpe du fruit. Dès lors, la première question qui se pose à l'expérimentateur, c'est la question du rôle physiologique du péricarpe dans le développement de la graine.

---

(1) Jost: *Ueber Selbststerilität einiger Blüten.* (Bot. Ztg. t. LXV, 1907; p. 77-116).

Beaucoup de plantes possèdent entre les parois du péricarpe et les graines, un espace rempli de gaz. Chez les jeunes fruits, ce gaz se trouve sous une pression plus grande que la pression atmosphérique; c'est pourquoi les parois des péricarpes subissent une certaine dilatation. Les fruits de *Colutea arborescens* nous donnent, à ce point de vue, un exemple très typique. On peut déterminer le volume de gaz renfermé dans un jeune fruit par la méthode du flacon, en mesurant séparément le volume du fruit rempli de gaz et le volume du péricarpe et des graines. On peut ensuite recueillir dans un eudiomètre, le gaz que renferme ce fruit, et ainsi mesurer son volume à la pression atmosphérique. Si l'on compare les deux valeurs ainsi obtenues pour le volume de gaz du même fruit, on constate qu'à la même température le volume mesuré par l'eudiomètre est plus grand que celui obtenu à l'aide du flacon. Ce fait montre que le gaz renfermé dans le fruit est comprimé. Etant donné qu'à la même température le rapport entre les volumes d'une même quantité de gaz est inversement proportionnel au rapport entre les pressions correspondantes, il est facile de calculer la pression sous laquelle se trouve le gaz dans un fruit. Des mesures faites sur de jeunes fruits de *Colutea arborescens* m'ont montré que le gaz renfermé dans ces fruits est à une pression qui varie entre 1,15 et 1,26 atmosphère.

Ce fait prouve que les parois du péricarpe sont imperméables pour les gaz et que les graines se développent dans une atmosphère close.

Les analyses du gaz renfermé dans les jeunes fruits montrent que sa composition est sensiblement la même que celle de l'air extérieur, et la quantité de gaz carbonique ne dépasse pas, en général, 1 °/₀ du volume total.

Les jeunes graines ainsi que les parois du péricarpe chez les fruits de *Colutea arborescens* contiennent beaucoup de chlorophylle. Dès lors, on peut penser que l'excès de gaz carbonique, provenant de la respiration des graines, ne s'accumule pas à l'intérieur du fruit, grâce à l'activité du tissu chlorophyllien. Pour m'en assurer j'ai fait l'expérience suivante. J'ai cueilli quatre jeunes fruits tout à fait égaux de taille, et je les ai fixés dans des verres remplis d'eau en plongeant leurs pédoncules dans l'eau. Deux de ces fruits ont été exposés à la lumière diffuse du jour et deux autres ont été placés à l'obscurité (sous une cloche noire). L'expérience a duré quatre heures; la température moyenne de l'air pendant l'expérience a été égale à 25°.

A la fin de l'expérience j'ai pris, de chaque fruit, une portion de gaz et j'ai fait des analyses à l'aide de l'appareil de MM. Bonnier et Mangin. Voici les valeurs que j'ai obtenues pour le gaz carbonique, l'oxygène et l'azote :

	A LA LUMIÈRE		A L'OBSCURITÉ	
	1er fruit	2e fruit	1er fruit	2e fruit
CO^2	0,31 °/o	0,25 °/o	2,51 °/o	2,23 °/o
O	20,23 °/o	20,51 °/o	17,78 °/o	17,76 °/o
N	79,46 °/o	79,24 °/o	79,71 °/o	80,01 °/o

Ces chiffres nous montrent que le gaz carbonique s'accumule dans une proportion considérable à l'intérieur des fruits placés à l'obscurité; au contraire, la proportion de ce gaz dans les fruits exposés à la lumière est relativement faible. On voit donc que la plus grande partie du gaz carbonique dégagé par les graines chez les fruits éclairés a été décomposée par le tissu chlorophyllien des péricarpes ou des graines mêmes (1). Mais on sait que les parois du tissu vivant laissent passer les gaz par l'osmose. Une partie du gaz carbonique provenant de la respiration des graines peut être dégagée du fruit à travers les parois du péricarpe par l'action osmotique de ces dernières. La proportion considérable de gaz carbonique observée dans les fruits mis à l'obscurité nous montre que le dégagement de ce gaz par osmose est beaucoup plus lent que son accumulation dans l'atmosphère intérieure du fruit. Il est intéressant, à ce point de vue, de rechercher jusqu'à quelle limite peut aller l'accumulation de gaz carbonique à l'intérieur du fruit, dans le cas où la fonction chlorophyllienne du péricarpe est supprimée pendant un temps relativement long.

Pour avoir une idée de cette limite, j'ai répété l'expérience sur de jeunes fruits de *Colutea arborescens*. La durée de l'expérience, cette fois, a été égale à 20 heures; la température a oscillé entre 23 et 25°, c'est-à-dire dans les mêmes limites que pendant l'expérience précédente.

Les analyses de gaz faites à la fin de l'expérience ont montré que la quantité de gaz carbonique à l'intérieur des fruits exposés à la lumière ne dépasse pas 0,2 °/o. Dans les fruits placés à l'obscurité, la proportion de gaz carbonique a été trouvée égale à 2,25 °/₀ ou à 2,30 °/₀, et celle de l'oxygène respectivement à 18,11 °/₀ et à 17,90 °/₀.

---

(1) Sur la fonction chlorophyllienne de jeunes graines, voir Bohlin, K. : *Ueber die Kohlensäure assimilation einiger grüner Samenanlagen* (Botaniska Studier tillagnade F. R. Kjellman. Upsala : 1906, 102-112).

Comme on le voit, d'après ces chiffres, la quantité de gaz carbonique accumulé à l'intérieur des fruits placés à l'obscurité pendant 20 heures, est sensiblement la même que celle observée dans la première expérience au bout de quatre heures seulement.

Ce fait prouve que le dégagement osmotique des gaz par l'action des parois du péricarpe est suffisant pour empêcher une trop grande accumulation de gaz carbonique à l'intérieur du fruit, même dans le cas où la fonction chlorophyllienne du péricarpe et des graines est supprimée.

Les résultats de ces expériences sont en accord avec les données obtenues par les divers savants qui ont fait des analyses du gaz renfermé à l'intérieur d'un tissu vivant de la plante. D'une façon générale, l'accumulation de gaz carbonique, provenant de la respiration, n'atteint jamais une valeur assez considérable pour que l'oxygène soit remplacé totalement par le gaz carbonique dans l'atmosphère intérieure de la plante. Enfin, quelques recherches faites spécialement sur les fruits de *Colutea arborescens* montrent que, même pendant la nuit, la proportion de gaz carbonique à l'intérieur de ces fruits ne dépasse jamais 3 °/₀ et elle diminue considérablement pendant la journée (1).

On voit donc que les parois du péricarpe, assurent par leur fonction chlorophyllienne ainsi que par leur activité osmotique, une certaine stabilité à la composition de l'atmosphère close où se trouvent les graines.

L'atmosphère close est-elle nécessaire pour le développement normal de la graine ? Pour résoudre cette question, j'ai fait une autre série d'expériences où j'ai essayé de mettre les jeunes graines en contact avec l'air. Dans ce but, je choisis de très jeunes fruits et je découpe les parois du péricarpe de façon à laisser sur la plante seulement la partie qui porte les graines. Par ce procédé, je soumets les graines à l'action de l'air libre sans les séparer de la plante. Les expériences ont été faites sur de jeunes fruits de *Colutea arborescens*, de ***Pisum sativum*** et de ***Lathyrus latifolia***.

---

(1) Calvert et Ferrand : (Comptes rendus, 1843, t. XVII, p. 955).

Saintpierre, C. et Magnien, L.: *Recherches sur les gaz contenus dans les fruits du Baguenaudier (Colutea arborescens)* (Comptes rendus, 1876, t. XXXII, 21 août).

J'ai obtenu dans tous les cas des résultats identiques : au bout de 6 à 8 jours, les fruits opérés meurent et se détachent de la plante.

On peut penser que la mort des graines est occasionnée dans ce cas par leur dessication rapide. En effet, s'étant développées dans une atmosphère close, les parois des jeunes graines ne sont pas adaptées à régler leur transpiration pour l'atmosphère relativement sèche de l'air ordinaire.

C'est pourquoi j'ai répété l'expérience en prenant toutes les précautions contre une dessication rapide des graines. Les expériences se rapportent aux jeunes fruits de *Pisum sativum* et de *Colutea arborescens*. Je découpe cette fois les parois du péricarpe de façon à obtenir une communication directe des graines avec l'air par une large fente; je laisse donc la plus grande partie du péricarpe sur la plante. J'enferme ensuite les fruits ainsi opérés dans de petits tubes de verre fermés à un bout et bouchés à l'extrémité par laquelle le pédoncule du fruit entre dans le tube. J'emploie dans ce but des bouchons ordinaires, coupés en deux moitiés, et je serre le pédoncule du fruit entre les moitiés du bouchon. Pour empêcher une condensation des rayons du soleil par les parois cylindriques du tube sur le fruit enfermé, je recouvre les parois du tube avec du papier blanc ordinaire, tout en laissant un certain nombre de tubes témoins dépourvus de cette couverture. J'enferme encore une autre partie des fruits opérés dans des sacs faits d'une étoffe noire qui ne laisse passer que très peu de lumière, ou dans des sacs faits d'une étoffe blanche et doublés de papier blanc ordinaire.

Malgré toutes ces précautions, je n'ai obtenu, dans aucun cas, de graines normalement développées. Il est vrai que cette fois les graines se sont conservées vivantes très longtemps et que les fruits sont restés attachés à la plante jusqu'à la dessication naturelle des péricarpes. Mais le développement des graines a été suspendu juste au stade où les fruits ont été opérés.

Ces faits nous montrent que, indépendamment de la transpiration, la communication directe des graines avec l'air, par elle-même, est défavorable à leur développement normal.

En faisant ces expériences, j'ai observé un phénomène qui peut servir de preuve indirecte à cette conclusion. Les très jeunes fruits de *Pisum sativum* ont, pendant un certain temps, les parois de leur péricarpe accolées l'une à l'autre. Si l'on découpe à ce stade un fruit le long du péricarpe en deux moitiés, de façon à laisser sur la plante la moitié qui renferme les graines, la blessure se cicatrise au bout de quelques jours, et la soudure réalisée remplace le joint naturel du péricarpe; l'atmosphère, à l'intérieur du fruit, reste close et les graines, ainsi que les fruits opérés, continuent leur développement normal.

On obtient, au moment de la maturation, des fruits deux fois moins larges mais de la même longueur que les fruits non opérés. Les graines des fruits opérés diffèrent des graines ordinaires par leur forme cylindrique; en outre, leur poids sec, ainsi que leur volume, sont à peu près deux fois moins grands que le poids sec et le volume des graines ordinaires.

La photographie ci-jointe montre la forme ainsi que la grandeur respective des fruits opérés et des graines provenant de ces fruits (voir la fig. 1).

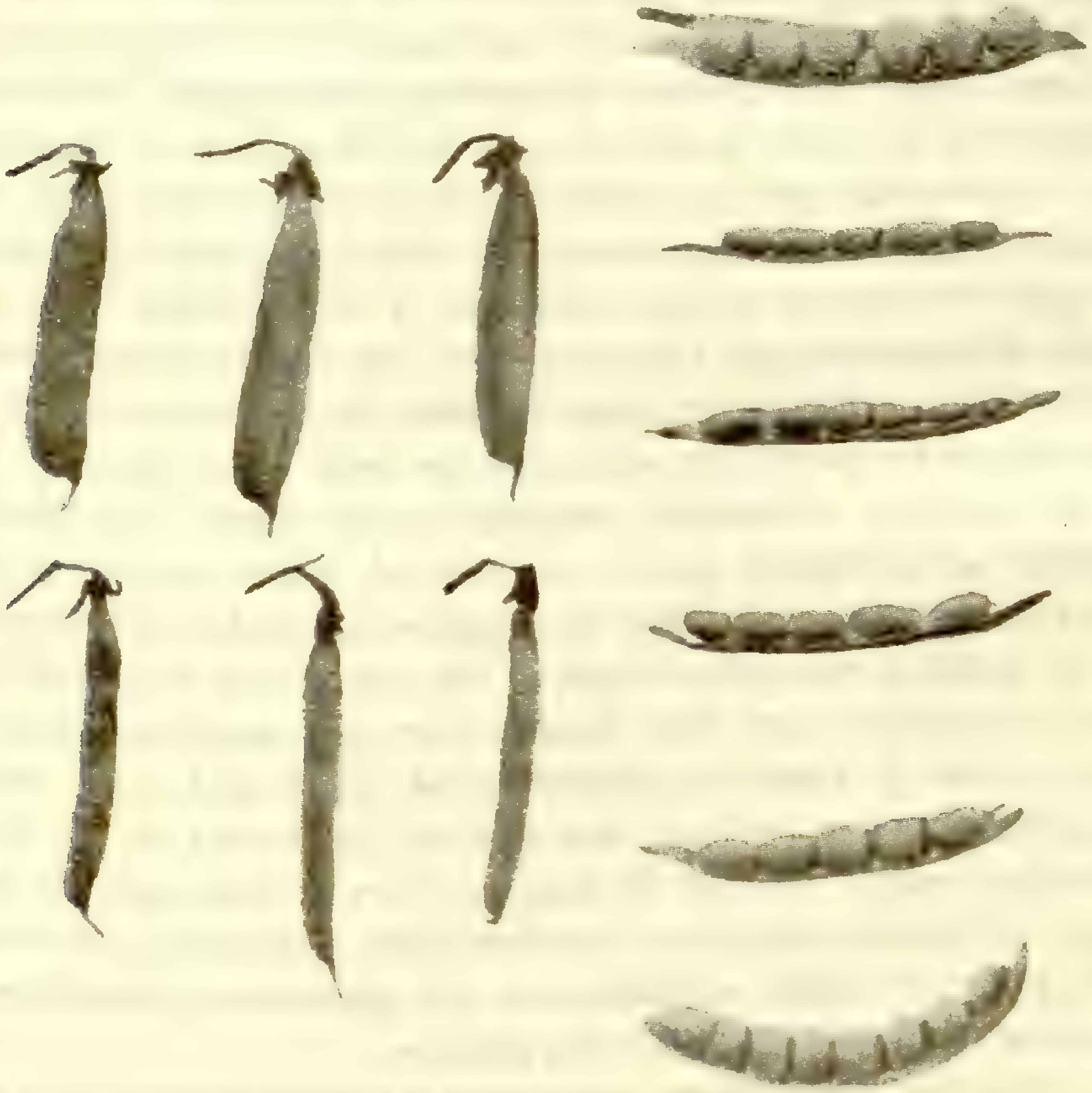


Fig. 1. — Fruits de *Pisum sativum* — à gauche : en haut trois fruits normaux, en bas, trois fruits opérés — à droite : en haut, graines d'un fruit normal, en bas, graines de cinq fruits opérés.

Des résultats analogues ont été obtenus aussi dans les expériences sur de jeunes fruits de *Lathyrus latifolia*.

Il arrive quelquefois que la blessure ne se ferme pas dans certains endroits du péricarpe; dans ce cas, les graines se développent nor-

normalement dans la partie du fruit où le péricarpe est soudé, tandis que dans la partie non soudée elles meurent au bout de quelques jours.

J'ai observé ce développement partiel des fruits opérés surtout chez le *Lathyrus latifolia.*

Les graines cylindriques de *Pisum sativum* germent comme des graines ordinaires. Quelques dizaines de plantes que j'ai obtenues des graines cylindriques n'ont montré aucune particularité spécifique ni dans leur aspect extérieur, ni dans leur fructification.

On voit donc, d'après ces faits, que les graines se développent normalement, même dans la moitié du péricarpe, si la communication avec l'air extérieur est coupée par la soudure de la fente artificielle. On voit aussi que la forme et la grandeur de la graine sont influencées par la pression mécanique à l'intérieur du fruit. La forme ronde des graines ordinaires correspond probablement au minimum de cette pression; au contraire, il faut considérer la forme cylindrique que j'ai obtenue dans mes expériences, comme le résultat d'une forte pression du côté des parois péricarpiques ainsi que du côté des graines voisines. Il est probable alors que les graines de beaucoup de Légumineuses qui ont la forme d'une lentille prennent cette forme sous l'action de la pression mécanique produite par les parois du péricarpe de deux côtés opposés. Le fait que les graines enfermées artificiellement dans une moitié du péricarpe ne déchirent pas la soudure de cette moitié et restent deux fois moins grandes que les graines normales, est très important au point de vue physiologique. On voit, par ce fait, que la grandeur d'une graine peut être limitée par une simple pression mécanique, et que le tissu du péricarpe est assez fort pour empêcher l'augmentation du volume des graines au-dessus de la grandeur déterminée par le volume de l'espace libre à l'intérieur du fruit. Il est probable alors que, dans les conditions naturelles, le développement plus ou moins considérable du péricarpe détermine, dans beaucoup de cas, la grandeur des graines.

Le rôle de l'atmosphère, close dans le développement des graines, reste pour le moment inexplicable. Comme nous l'avons vu, la composition de cette atmosphère dans les fruits attachés à la plante reste très voisine de celle de l'air extérieur. Il est intéressant de rappeler ici un cas analogue de l'influence d'une atmosphère close sur la croissance et la structure anatomique que M. Molliard (1) a observé chez le radis. Les feuilles de cette plante, cultivée à la lumière et dans des tubes de verre hermétiquement fermés et contenant une solution sucrée, prennent la structure des cotylédons et leurs cellules abondent en grains d'amidon. On comprend aisément que, grâce à l'activité du tissu chlorophyllien des feuilles, la composition de l'atmosphère, à l'intérieur de ces tubes, reste sensiblement la même que celle de l'air ordinaire. Par conséquent, ce ne sont pas les variations dans la proportion de l'oxygène ou du gaz carbonique qui provoquent chez les feuilles un développement particulier du tissu. Dans ce cas, ainsi que dans celui des graines, il faut penser à la présence d'un facteur encore inconnu qui influence la nutrition cellulaire des parties de la plante enfermées dans une atmosphère close. Nous laissons de côté les hypothèses qu'on peut faire à propos de ce facteur; remarquons seulement que le rôle physiologique du péricarpe dans le développement des graines est, comme le montrent les expériences citées, beaucoup plus compliqué qu'on ne pourrait le supposer *a priori*.

---

(1) Molliard, M.: *Action morphogénique de quelques substances organiques sur les végétaux supérieurs.* (Rev. gén. Botanique; t. XIX, 1907).

Ajoutons que l'activité du tissu chlorophyllien appartenant au péricarpe n'a pas de véritable influence sur le développement des graines. Des expériences antérieures, que j'ai faites sur l'*Acer Pseudoplatanus*, m'ont montré que les graines se développent normalement et atteignent le poids ordinaire, même dans le cas où la fonction chlorophyllienne du péricarpe est supprimée artificiellement.

II. — ROLE SPÉCIAL DE LA LUMIÈRE DANS LE DÉVELOPPEMENT DES FRUITS ET DES GRAINES.

La lumière joue un rôle particulier dans le développement des fruits. Si l'on place, en effet, de très jeunes fruits, *tout de suite après la fécondation des fleurs*, à l'obscurité complète, leur croissance s'arrête (1). Mais le fait capital, c'est qu'*il suffit d'un éclairement très faible pour que le développement des fruits et des graines s'accomplisse normalement*. L'intensité de cet éclairement est inférieure à celle à laquelle l'appareil chlorophyllien commence à manifester un travail appréciable.

Etant donné l'intérêt de la question sur ce rôle particulier de la lumière, j'ai étendu mes expériences à d'autres plantes. Les résultats de ces expériences m'ont montré que *c'est seulement au début de la formation du fruit que la lumière est absolument nécessaire*; lorsque le fruit a été soumis, pendant ce stade assez court, à un certain éclairement, il peut se développer ensuite à l'obscurité.

---

(1) Lubimenko, W.: *Influence de la lumière sur le développement des fruits d'Acer Pseudoplatanus*. (Revue gén. Bot.; t. XVIII, 1906).

Si l'on prend des plantes susceptibles d'autopollinisation et si l'on enferme leurs inflorescences, avant la pollinisation des fleurs, les unes dans des sacs de papier noir qui ne laisse pas passer la lumière, les autres dans des sacs de papier blanc, on n'obtient des fruits normaux que dans les derniers sacs, c'est-à-dire sur les inflorescences éclairées.

Ainsi, dans une expérience, 30 épis de blé ont été enfermés dans des sacs noirs avant la pollinisation des fleurs; en même temps, 30 autres épis ont été enfermés dans des sacs blancs. Au moment de la maturation des fruits, le dernier lot a donné, par épi, de 16 à 25 grains normalement développées; au contraire, le premier lot n'a donné que de 3 à 5 graines normales par épi, parce que la plupart des ovules ont produit des grains vides. Il est intéressant de remarquer que ces grains vides ont eu les parois des péricarpes bien développées et accolées l'une à l'autre. Des résultats analogues ont été obtenus aussi sur le *Pisum sativum*. Ainsi, dans une expérience, 18 fleurs ayant été enfermées dans des sacs noirs avant la pollinisation, pas une n'a donné de fruits.

Le nombre des fruits normalement développés est encore très petit quand on enferme les inflorescences dans des sacs noirs tout de suite après la fécondation des fleurs. Ainsi j'ai constaté que dans des conditions naturelles, une inflorescence de lilas donne de 35 à 40 °/₀ de fruits par rapport au nombre des fleurs. On obtient aussi la même proportion de fruits, par rapport au nombre de fleurs, sur des inflorescences qui ont été enfermées dans des sacs blancs juste au moment où les corolles des fleurs commencent à se faner. Au contraire, cinq inflorescences, enfermées au même stade dans des sacs noirs, n'ont donné que 18 °/₀ de fruits par rapport au nombre des fleurs. Mais quand on laisse passer quelque temps après la fécondation des fleurs, les inflorescences enfermées à ce moment dans des sacs noirs donnent un nombre de fruits sensiblement le même que les inflorescences enfermées dans des sacs blancs ou laissées à l'air libre. Mais il faut cependant ajouter que, dans ce cas, le nombre de graines obtenues par fruit est moindre à l'obscurité qu'à la lumière.

Ainsi, dans une expérience, j'ai obtenu pour 100 fruits les nombres de graines suivants :

	A L'OBSCURITÉ	A LA LUMIÈRE DU JOUR
Cytisus Laburnum	180	252
Pisum sativum	371	416
Lathyrus latifolia	400	480
Colutea arborescens	463	1020
Syringa vulgaris	146	195
Ampelopsis hederacea	168	176

On voit, par ces chiffres, que les fruits développés à l'obscurité renferment un nombre de graines sensiblement moindre que les fruits éclairés.

En outre, les fruits et les graines que l'on obtient à l'obscurité possèdent un poids frais et un poids sec sensiblement moindres que les fruits et les graines qui se sont développés à la lumière. Si l'on compare le poids sec des graines et des péricarpes provenant des fruits qui ont mûri, les uns à l'obscurité, les autres à la lumière, en désignant par 100 les poids relatifs aux derniers lots, on obtient pour les poids des premiers les nombres suivants :

	GRAINES	PÉRICARPES
Cytisus Laburnum	95	95
Pisum sativum	75	53
Lathyrus latifolia	90	»
Colutea arborescens	75	»
Ribes rubrum	83	64
Sorbus Aucuparia	87	60
— *Aria*	»	80
Pirus communis	»	86
Syringa vulgaris	106	85

Ces nombres montrent donc que la production de la substance sèche chez les fruits diminue notablement à l'obscurité.

III. — INFLUENCE DE L'INTENSITÉ LUMINEUSE SUR LE DÉVELOPPEMENT DES FRUITS ET DES GRAINES.

Si la lumière favorise la production de la substance sèche chez les fruits, on peut supposer qu'il existe un éclairement optimum qui correspond à l'accumulation maxima de cette substance.

Pour résoudre cette question, j'ai entrepris une autre série d'expériences où j'ai fait développer les fruits à différentes intensités d'éclairement.

a) *Dispositif des expériences.* — J'enferme de très jeunes fruits dans des sacs faits d'étoffe blanche ou noire. J'obtiens une série d'éclairements de plus en plus faibles en doublant certains de ces sacs par du papier blanc ou noir. Ainsi j'ai réalisé pour mes fruits la série suivante d'éclairements :

1. Air libre. Lumière du jour non atténuée.
2. Sacs blancs simples. Lumière du jour atténuée.
3. Sacs blancs doublés par une couche de papier blanc........ Lumière du jour affaiblie à peu près deux fois plus que pour le n° 2.
4. Sacs blancs doublés par deux couches de papier blanc..... Lumière du jour affaiblie à peu près trois fois plus que pour le n° 2.
5. Sacs noirs simples........... Lumière du jour très affaiblie. L'assimilation chlorophyllienne est supprimée.
6. Sacs noirs doublés de papier noir...................... Obscurité presque complète.

Quelque temps après la fécondation des fleurs, lorsque les jeunes fruits ont passé le début de leur formation, je choisis ceux qui sont au même stade de développement et je les enferme dans les sacs. Dans tous les cas où cela est possible, comme par exemple, sur le cerisier, le poirier, le pommier, etc., je fixe les sacs de toutes les catégories indiquées sur un même individu. Dans les cas où ce n'est pas possible, j'augmente le nombre de sacs d'une même catégorie pour obtenir ainsi des valeurs moyennes du poids des fruits et éviter les erreurs provenant de particularités individuelles.

b) *Etat thermique des fruits aux diverses intensités lumineuses.* — On comprend aisément que quand on enferme des fruits dans des sacs, on change, non seulement d'éclairement, mais aussi la température. Pour avoir une idée des variations thermiques à l'intérieur des sacs de différentes sortes, j'ai enfermé des thermomètres dans des sacs et je les ai suspendus aux branches d'un arbre. J'ai noté ensuite la température indiquée par ces thermomètres trois fois par jour : à 9 heures du matin, à 1 heure et à 5 heures de l'après-midi.

Ces observations m'ont montré que, quand le ciel est couvert par des nuages, les variations de la température à l'intérieur des sacs sont sensiblement les mêmes que celles de l'air libre. Ainsi, dans une expérience du 21 au 23 août j'ai obtenu les valeurs moyennes suivantes pour la température de 9 heures du matin à 5 heures du soir :

AIR LIBRE	SACS BLANCS			SACS NOIRS	
	simples	+ 1 couche de papier blanc	+ 2 couches	simples	+ papier noir
20°,4	20°,1	20°,1	20°,1	20°,2	20°,5

Ces nombres montrent que par un temps nuageux la température, à l'intérieur des différents sacs, est sensiblement la même que celle de l'air libre.

Mais la différence devient bien appréciable pendant les jours ensoleillés; aux heures les plus chaudes de la journée la température, à l'intérieur des sacs, est plus élevée que celle de l'air libre, et il n'est pas rare que la différence atteigne, dans les sacs noirs, de 5 à 10°.

Ainsi, au mois d'août, dans une expérience qui a duré cinq jours, j'ai obtenu les valeurs moyennes suivantes pour la température de 9 heures du matin à 5 heures du soir :

AIR LIBRE	SACS BLANCS			SACS NOIRS	
	simples	+ 1 couche de papier blanc	+ 2 couches	simples	+ papier noir
23°,9	25°,7	25°,4	24°,8	30°,0	28°,3

On voit par ces chiffres que la température moyenne pendant une journée ensoleillée, est supérieure dans les sacs noirs, de 5 à 6°, et dans les sacs blancs, de 1 à 2° à celle de l'air libre. On voit en même temps que les sacs sans doublure en papier s'échauffent plus fortement que les sacs doublés; par conséquent, l'échauffement des fruits renfermés dans les sacs n'augmente pas, pendant les journées ensoleillées, régulièrement avec la diminution de l'éclairement produit dans les différents sacs.

J'ai fait ensuite une expérience directe sur l'échauffement des fruits enfermés dans des sacs. J'ai choisi des pommes d'une taille plutôt petite, et j'ai enfoncé, à l'intérieur du tissu de ces fruits, des réservoirs de thermomètres. L'une des pommes a été laissée à l'air libre sur une branche de l'arbre; les autres ont été préalablement enfermées dans différents sacs et suspendues ensuite à des branches du même arbre.

J'ai noté les températures indiquées par les thermomètres aux mêmes heures de la journée que je l'ai fait avec les sacs vides. Mais, pendant les journées ensoleillées, les températures ont été relevées à des intervalles d'une heure seulement, en commençant à 9 heures du matin jusqu'à 5 heures du soir.

Voici les résultats d'une expérience faite pendant une journée ensoleillée du mois d'août :

HEURES DE LA JOURNÉE	TEMPÉRATURE DE L'AIR LIBRE	A L'AIR LIBRE	Température à l'intérieur des pommes enfermées dans des sacs				
			SACS BLANCS			SACS NOIRS	
			simple	+ 1 couche de papier blanc	+ 2 couches de papier blanc	simple	+ pap. noir
10 h. du matin..	20°	20°	22°	21°	20°	24°	25°
11 h. » ..	22	24	25	22	21	28	28,5
12 h. » ..	24	27	29	25	24	30,5	31,5
1 h. du soir....	24	27	30	28	25	32	32
2 h. »	24	27	27	27	25	29,5	28,5
3 h. »	24	27	27	26	24	28	28
4 h. »	24	27	25	25	24	28	28
5 h. »	23,5	24	24	24	22	25	25
Température moyenne de 10 h. du matin à 5 h. du soir..............	23,2	25,2	26,1	24,7	23,1	28,1	28,3

On voit, par ces chiffres, que la pomme qui se trouve à l'air libre s'échauffe au soleil plus fortement que l'air (1). Cet échauffement est encore un peu plus fort pour la pomme enfermée dans un sac blanc simple; mais il est considérable surtout pour les pommes qui se trouvent dans des sacs noirs. Aux heures les plus chaudes de la journée, la température du tissu de ces dernières pommes est de 3 à 5° plus haute que celle qu'on observe dans le tissu de la pomme à l'air libre. Au contraire, la pomme renfermée dans le sac blanc doublé par deux couches de papier blanc, s'échauffe moins fortement que la pomme qui se trouve à l'air libre, et les variations de la température dans le tissu de la première sont sensiblement les mêmes que celles de l'air libre. Enfin, la pomme placée dans le sac blanc doublé par une couche de papier blanc, présente des variations de température intermédiaire entre celle de la pomme à l'air libre et celle de la pomme enfermée dans le sac blanc doublé par deux couches de papier blanc.

On comprend aisément que l'échauffement d'un fruit dépend aussi de la taille de ce dernier. Mais en tous cas, les expériences faites sur les pommes montrent nettement que les fruits qui sont dans des sacs blancs subissent à peu près les mêmes variations de température que ceux qui se trouvent à l'air libre. Et c'est seulement les fruits renfermés dans les sacs noirs qui s'échauffent, pendant les journées ensoleillées, plus fortement que ceux restés à l'air libre.

c) *Production de substance sèche aux diverses intensités lumineuses.* — Examinons maintenant la production de la substance sèche chez les fruits placés dans les différents sacs.

---

(1) Un cas analogue a été constaté par M. Müntz pour les raisins. Voir M. A. Müntz : *Les vignes. Recherches expérimentales sur leur culture et leur exploitation* (Paris, 1895, p. 553).

Au moment de la maturité des fruits qui sont restés à l'air libre, je récolte tous les fruits en expérience; je les pèse ensuite, je prends une portion déterminée de chaque lot de fruits et je dessèche cette portion à la température de 105°.

Si l'on désigne par 100 le poids sec des graines et des péricarpes provenant des fruits qui ont mûri à l'air libre, on obtient les nombres suivants pour les poids comparables aux graines et aux péricarpes des fruits développés dans les sacs blancs :

	SACS BLANCS					
	Simples		**+ 1 couche de papier blanc**		**+ 2 couches de papier blanc**	
	Graines	Pericarpes	Graines	Péricarpes	Graines	Péricarpes
Syringa vulgaris....	**126**	**115**	114	98	122	95
Ribes rubrum	»	»	105	128	106	111
Ampelopsis hederacea	**130**	103	121	**111**	112	104
Prunus Cerasus	»	98	»	**112**	»	105
Pirus communis	»	101	»	**110**	»	107
Pirus Malus	»	155	»	124	»	**205**
Colutea arborescens..	98	**128**	83	122	83	112
Pisum sativum......	98	82	101	77	95	76
Vitis vinifera	**123**	**120**	103	112	107	112
	Fruits entiers		**Fruits entiers**		**Fruits entiers.**	
Triticum vulgare..	**118**		101		99	
Sorbus Aucuparia	**106**		97		99	
Sorbus Aria......	**128**		107		108	

Comme on le voit, d'après ces nombres, chez toutes les plantes, excepté chez le *Pisum sativum*, le poids sec maximum, soit des graines, soit des péricarpes, correspond à la lumière du jour plus ou moins atténuée, suivant la plante. La différence entre le poids sec des fruits qui ont mûri à l'air libre et le poids sec maximum obtenu pour les fruits de la même espèce dans les sacs varie suivant les plantes, entre 10 °/₀ et 100 °/₀. Comme nous l'avons vu plus haut, l'échauffement des fruits enfermés dans les sacs blancs ne diffère pas sensiblement de celui des fruits qui se trouvent à l'air libre. C'est pourquoi nous pouvons rapporter exclusivement à l'influence de la lumière les résultats que nous avons obtenus pour la production de la substance sèche chez les différents lots de fruits.

Il est intéressant de remarquer encore que chez certaines plantes *(Ribes rubrum, Ampelopsis hederacea)*, le poids sec maximum des graines ne correspond pas au même éclairement que le poids sec maximum des péricarpes.

Le poids frais des fruits présente sensiblement les mêmes variations, suivant l'éclairement, que leur poids sec. Une même proportion d'eau a été constatée dans les fruits de tous les lots pour le *Sorbus Aucuparia*, le *Ribes rubrum* et l'*Ampelopsis hederacea*. Chez les autres plantes, la proportion d'eau chez les fruits enfermés dans des sacs est un peu plus grande que chez les fruits développés à l'air libre. Je donne ici, comme exemple, pour cette dernière catégorie des plantes, la proportion d'eau pour 100 du poids frais des fruits de *Sorbus Aria* :

		SACS BLANCS DOUBLÉS	
Air libre	Sacs blancs simples	par une couche de papier blanc	par deux coudes de papier blanc
55,2	62,9	60,4	55,3

Ces nombres montrent que les fruits enfermés dans des sacs blancs simples et des sacs blancs doublés par une couche de papier sont de 5 °/₀ à 8 °/₀ plus riches en eau que ceux qui sont développés à l'air libre. La couleur des fruits enfermés dans les sacs blancs simples ne diffère guère de celle des fruits ordinaires; elle devient plus pâle chez les groseilles, les cerises et les pommes enfermées dans les sacs doublés par le papier. Au contraire, les fruits du sorbier ont une couleur plus foncée dans ces derniers sacs.

Enfin, celle des fruits d'*Ampelopsis hederacea* reste la même dans tous les lots.

Examinons maintenant le poids sec des fruits qui ont mûri dans les sacs noirs. Je calcule les poids secs des graines et des péricarpes provenant de ces derniers fruits comme je l'ai fait précédemment, et je les compare aux poids correspondants, soit des graines, soit des péricarpes appartenant aux fruits développés à l'air libre. En désignant ces derniers par le nombre 100, j'obtiens pour les premiers, les nombres suivants :

	SACS NOIRS			
	Simples		+ Papier noir	
	Graines	Péricarpes	Graines	Péricarpes
Syringa vulgaris....	106	85	115	85
Ribes rubrum.......	97	85	83	64
Ampelopsis hederacea.	131	101	»	»
Prunus Cerasus.....	»	105	»	98
Pirus communis.....	»	108	»	86
Pirus Malus........	»	99	»	106
Colutea arborescens...	77	118	75	112
Pisum sativum.......	90	70	75	53
Vitis vinifera........	109	110	»	»
	Fruits entiers		Fruits entiers	
Triticum vulgare....	106		107	
Sorbus Aucuparia...	79		60	
Sorbus Aria........	108		80	

Ces nombres nous montrent que la production de substance, chez les fruits de *Ribes rubrum*, de *Pisum sativum*, de *Sorbus Aucuparia* enfermés dans les sacs noirs, est sensiblement moindre que celle à la lumière du jour: chez le *Sorbus Aria*, le *Prunus Cerasus*, le *Pirus communis* cet abaissement dans la production de la substance sèche n'est marquée que chez les fruits développés dans les sacs noirs doublés de papier noir. Chez le *Triticum vulgare* le poids sec des fruits enfermés dans les sacs noirs est un peu supérieur à celui des fruits qui ont mûri à la lumière du jour. Chez le *Syringa vulgaris* les péricarpes se développent plus faiblement dans les sacs noirs qu'à la lumière du jour, mais les graines présentent le fait contraire.

On voit, d'après ces exemples, que le développement des fruits dans des sacs noirs varie suivant la plante. En somme, la production de la substance sèche chez les fruits à l'obscurité, est inférieure, non seulement par rapport à celle que nous avons constatée à la lumière atténuée du jour,mais très souvent elle est inférieure à celle qu'on observe à la lumière du jour non affaiblie. Par conséquent, le plus grand échauffement, que nous avons signalé plus haut, des fruits renfermés dans des sacs noirs par rapport à celui des fruits placés dans des sacs blancs, ne peut pas remplacer, au point de vue de la production de la substance sèche, l'absence de lumière. Il existe donc pour le développement des fruits un éclairement optimum; cet éclairement correspond à la lumière du jour plus ou moins fortement atténuée, suivant la plante.

A partir de l'éclairement optimum, une augmentation ou une diminution de la lumière provoque l'abaissement dans la production de la substance sèche chez les fruits.

Les photographies ci-jointes montrent les grandeurs respectives des fruits obtenus aux différents éclairements.

La couleur des fruits enfermés dans les sacs noirs est jaune pâle chez les cerises et chez les fruits des sorbiers; les pommes et les poires deviennent tout à fait blanches, tandis que les fruits d'*Ampelopsis hederacea* conservent, dans les sacs noirs, la même couleur qu'à la lumière du jour.

d. *Composition chimique aux diverses intensités lumineuses.* — Pour avoir une idée des variations dans la composition chimique des fruits développés aux différents éclairements, j'ai déterminé les quantités de cendres, des acides libres et des substances réduisant la liqueur de Fehling dans les fruits de plusieurs espèces.

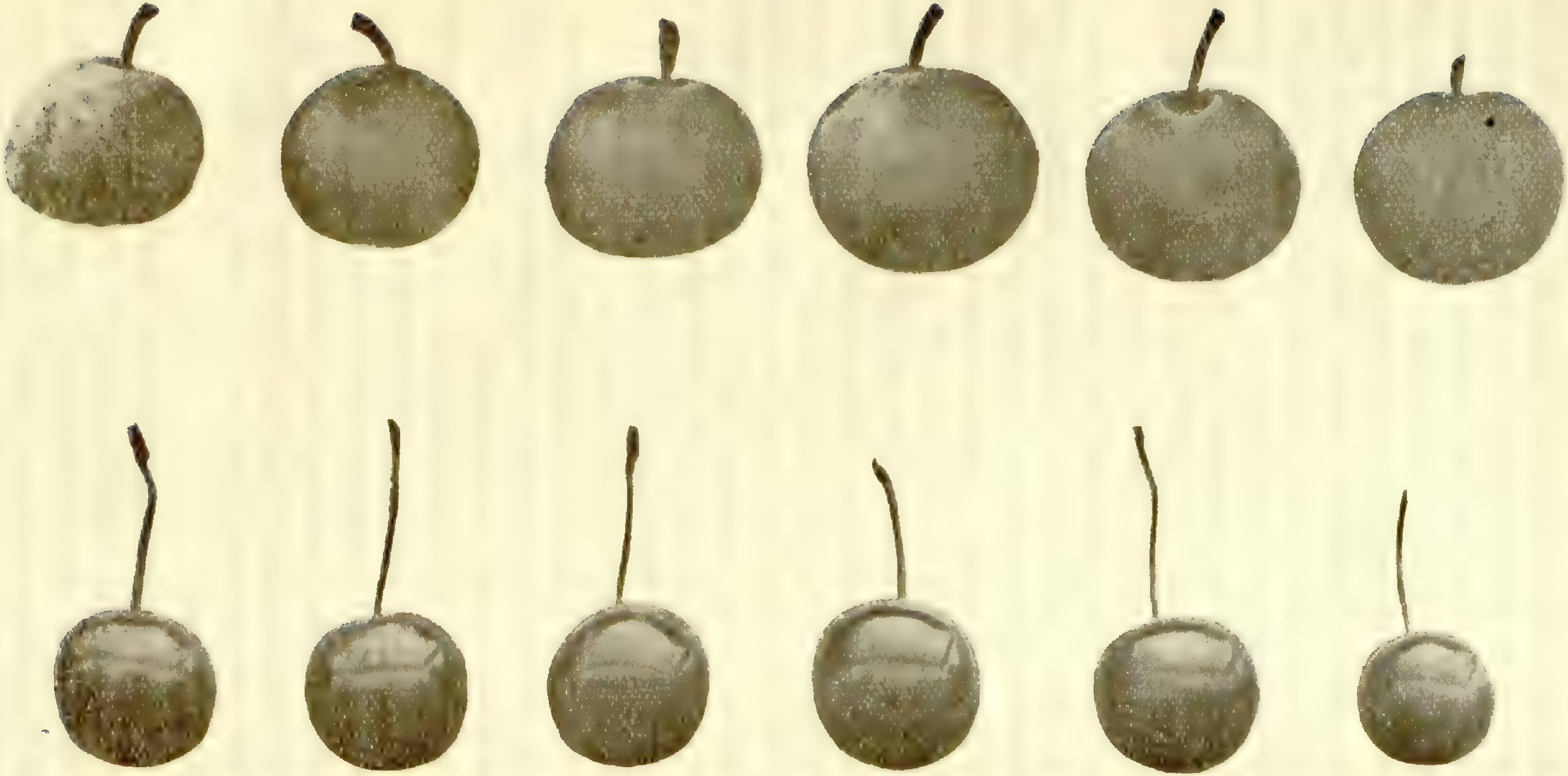


Fig. 2. — En haut, poires; en bas, cerises. Dans chaque rang, de droite à gauche, le premier fruit est développé à la lumière du jour, le second dans un sac blanc, simple, le troisième dans un sac blanc doublé d'une couche de papier blanc, le quatrième dans un sac blanc doublé de deux couches de ce même papier, le cinquième dans un sac noir simple et le sixième dans un sac noir doublé de papier noir. Les fruits sont choisis d'après leur poids frais.

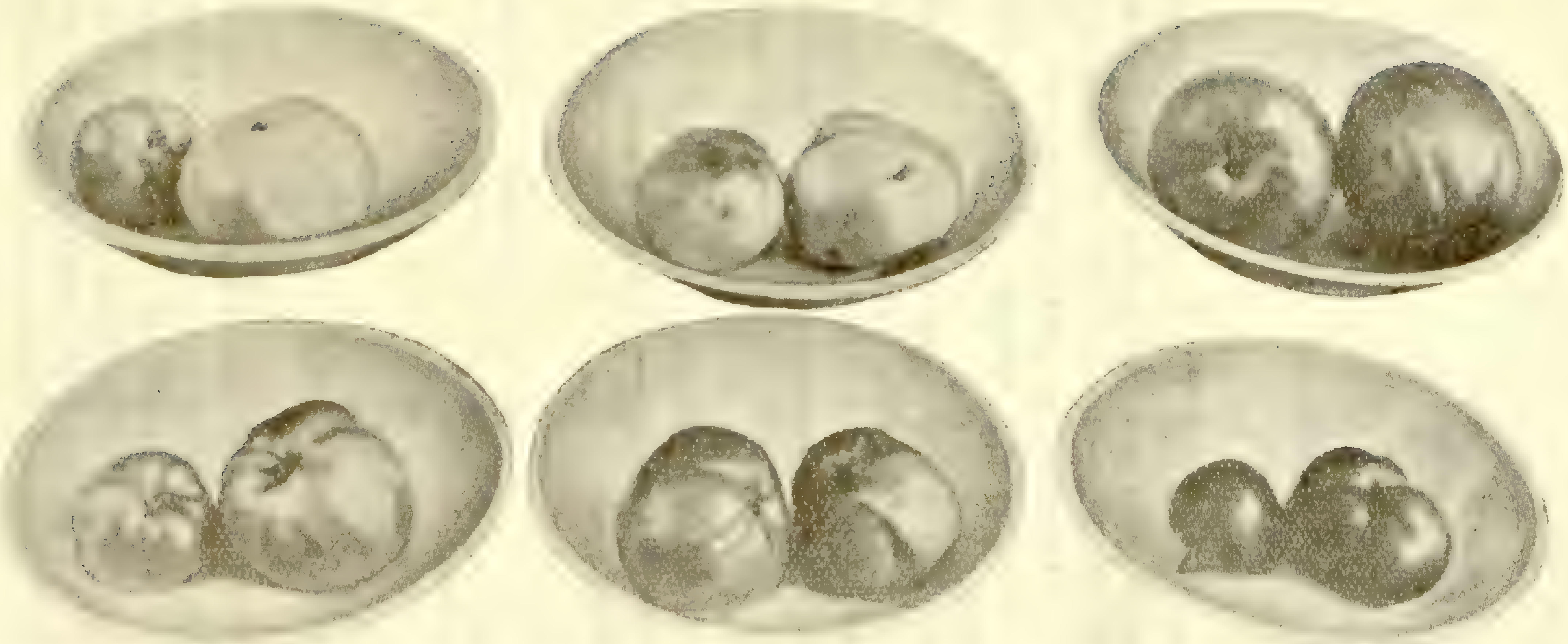


FIG. 3. — Pommes. En haut, de gauche à droite : première assiette, fruits des sacs noirs doublés de papier noir; seconde assiette, fruits des sacs noirs simples; troisième assiette, fruits des sacs blancs doublés de deux couches de papier blanc. En bas, de gauche à droite : première assiette, fruits des sacs blancs doublés d'une couche de papier blanc; seconde assiette, fruits des sacs blancs simples; troisième assiette, fruits développés à la lumière du jour non atténuée.

Voici les quantités de cendres pour 100 du poids sec des fruits desséchés à 110°.

FRUITS DÉVELOPPÉS :	Pirus communis	Vitis vinifera	Sorbus Aucuparia	Pisum sativum
A la lumière du jour..........	1,15	3,70	2,43	2,75
Dans les sacs blancs simples...	1,03	3,52	3,44	3,20
« « +1 couche de pap.	1,14	3,68	3,16	3,23
« « +2 couch. de pap.	1,07	3,83	3,70	4,10
« les sacs noirs simples...	1,11	4,00	3,80	4,83
« « + papier noir...	1,01	«	4,00	4,50

On voit, d'après ces nombres, que la quantité de cendres chez les poires reste sensiblement la même à tous les éclairements examinés ; au contraire, chez les fruits des trois autres espèces, la proportion de cendre, par rapport au poids sec, augmente quand la lumière diminue. Une recherche spéciale seule peut expliquer ce phénomène particulier.

Pour déterminer l'acidité des cerises développées aux différents éclairements, j'ai dosé les quantités d'acides libres directement dans le jus des fruits vivants. L'acidité des raisins et des fruits du *Sorbier* a été déterminée par le dosage des acides libres contenus dans les extraits aqueux de fruits préalablement desséchés et pulvérisés.

Voici les nombres qui représentent l'acidité de différents lots de fruits pour 100 de l'acidité des fruits qui ont mûri à la lumière du jour non atténuée :

FRUITS DÉVELOPPÉS :	Prunus Cerasus	Vitis vinifera	Sorbus Aucuparia
A la lumière du jour..........	100	100	100
Dans les sacs blancs simples...	100	78	67
« « + 1 couche de pap.	88	86	65
« « + 2 couch. de pap.	88	85	76
Dans les sacs noirs simples....	128	80	60
« « + papier noir...	113	«	60

On voit, d'après ces nombres, que l'acidité des fruits diminue avec la lumière chez le *Sorbier* et chez la *Vigne* ; chez le cerisier, l'acidité des fruits diminue aussi avec l'éclairement jusqu'à un minimum, mais elle augmente de nouveau quand la lumière s'affaiblit encore, et les cerises qui ont mûri dans les sacs noirs sont plus acides que celles qui se sont développées à la lumière du jour non atténuée.

Les données que j'ai obtenues sur l'acidité des raisins sont en contradiction avec celles de M. A. Lévy (1) qui a constaté que les raisins qui ont mûri à l'obscurité contiennent plus d'acides que ceux qui se sont développés au soleil. Au contraire, les expériences de M. Müntz (2) montrent que l'acidité des raisins diminue avec la lumière. Voici les résultats d'une expérience faite par M. Müntz. Après avoir constaté que les raisins qui sont exposés au soleil s'échauffent de 10° plus fortement que ceux qui sont placés à l'ombre des feuilles, l'auteur a déterminé les quantités des acides et des sucres dans les raisins qui ont mûri en plein soleil et dans ceux qui ont été recouvert par des feuilles.

Voici les nombres obtenus par M. Müntz :

	MALBEC			MERLOT		
	Avant l'expérience	Après l'experience		Avant l'expérience	Après l'expérience	
		dans l'ombre	au soleil		dans l'ombre	au soleil
Sucres pour 100 cc. de jus	16,35 gr.	22,78 gr.	17,48 gr.	15,19 gr.	19,93 gr.	15,37 gr.
Acides pour 1.000 cc. de jus	7,96 gr.	5,31 gr.	6,02 gr.	7,08 gr.	5,31 gr.	6,73 gr.

Comme on le voit, d'après ces nombres, les raisins qui ont mûri au soleil contiennent plus d'acides que ceux qui se sont développés à l'ombre des feuilles. Par conséquent, les résultats que j'ai obtenus sur l'acidité des raisins, développés aux différents éclairements, confirment les données de M. Müntz.

Comme on le sait (3), l'acidité du tissu de la plante varie non seulement suivant l'éclairement et la température, mais elle varie aussi suivant la quantité des substances hydrocarbonées accumulées dans les cellules. Des combinaisons différentes de ces trois facteurs peuvent provoquer beaucoup de variations de l'acidité du tissu. C'est pourquoi il est difficile d'attribuer les résultats obtenus pour les fruits à l'influence prépondérante de l'un des facteurs indiqués. Il faut remarquer encore que l'influence de différentes intensités lumineuses sur l'acidité du tissu de la plante n'a pas été étudiée avec les détails nécessaires.

Le dosage des sucres renfermés dans les fruits de différents lots présente, dans notre cas, beaucoup d'intérêt. Malheureusement, je n'ai pu faire que quelques expériences préliminaires sur les cerises.

---

(1) A.Lévy. *De l'influence de la lumière sur la maturation des raisins.* (Annales agronomiques, t. VI et t. VII.)

(2) M. A. Müntz. *Les vignes. Recherches expérimentales sur leur culture et leur exploitation.* (Paris, 1895; p. 553.)

(3) Aubert, E. : *Recherches sur la respiration et l'assimilation des plantes grasses* (Rev. gén. Botanique, t. IV, 1892).

Pouriewicz, K. : *La formation et la destruction des acides organiques chez les plantes supérieures* (russe). Kieff, 1893.

Si l'on calcule la quantité totale des substances réduisant la liqueur de Fehling renfermées dans le jus des cerises développées dans les sacs, on obtient les nombres suivants qui présentent la proportion pour 100 de la quantité des mêmes substances renfermées dans le jus des cerises qui ont mûri à la lumière du jour non atténuée :

Fruits développés :	
A la lumière du jour	100
Dans les sacs blancs simples	98
« « + 1 couche de papier	114
« « + 2 couches de papier	112
Dans les sacs noirs simples	112
« « + papier noir	109

Ces nombres nous montrent que la quantité totale des substances réduisant la liqueur de Fehling augmente dans les fruits quand l'éclairement diminue. Comme nous l'avons vu, M. Müntz, dans l'expérience citée, a obtenu les mêmes résultats.

e) *Germination des graines obtenues aux diverses intensités lumineuses* (1). — De tous ces faits, on peut tirer la conclusion que l'intensité de l'éclairement a une grande influence sur le développement des fruits et des graines. C'est pourquoi il m'a paru intéressant de faire encore quelques expériences sur la germination des graines obtenues aux différents éclairements. J'ai donc mis les graines de différents lots dans les mêmes conditions de température et d'humidité, sauf qu'une portion a été exposée à la lumière du jour, tandis que l'autre a été placée à l'obscurité.

---

(1) La question de l'influence de la lumière sur la germination des graines attire en ce moment l'attention des physiologistes. Je n'ai pas assez de données expérimentales pour discuter les récents travaux sur ce sujet; mais je remarquerai seulement que les auteurs de ces travaux prennent pour leurs recherches des graines mûres sans déterminer préalablement à quel éclairement ces graines se sont développées.

Voir Stebler: *Ueber den Einfluss des Lichtes auf die Keimung* (Résumé Bot. Centralbl., 1881, p. 157-158).

Jönsson, B. : *Jakttogelser öfver ljusets betydelse för fröns groning* (Résumé Just's Bot. Jahresber., 1893, I Abt , p. 28)

Heinricher, E. : *Notwendigkeit des Lichtes und beforndernde Wirkung desselben bei der Samenkeimung* (Bot. Centralbt. Beihefte, t. XIII, 1902, p. 164-172).

Pauchon, A. : *Recherches sur le rôle de la lumière dans la germination* (Ann. d. sc. nat. VI^{e} sér., t. X, p. 81).

Figdor, W. : *Ueber den Einfluss des Lichtes auf die Keimung der Samen einiger Gesneriaceen* (Ber. d deutsch bot Ges., t XXV, 1007, p 582).

Laschke, W. : *Einige vergleichende Untersuchungen über den Einfluss des Keimbettes, sowie des Lichtes auf die Keimung verschiedener Samereien* (Landw. Versuchsstat., t. LXV. 1907, p. 295).

Kinzel, W.: *Ueber den Einfluss des Lichtes auf die Keimung* (Ber. d. deutsch. bot. Ges., t. XXV, 1907, p 269; t. XXVI, 1908, p. 105, p. 631, p. 654).

Heinricher, S.: *Beeinflussung der Samenkeimung durch das Licht.* (Ber. d. deutsch. bot. Ges., 1908, p. 263, p. 298).

Dans le tableau ci-joint, je donne les résultats d'une expérience faite sur les graines de *Cytisus Laburnum*. Le nombre des graines dans chaque lot était égal à 20.

	A LA LUMIÈRE		A L'OBSCURITÉ	
Graines provenant des fruit développés :	**Nombre de graines germées**	**Nombre de jours de la germination**	**Nombre de graines germées**	**Nombre de jours de la germination**
A la lumière du jour	18	75	13	10
Dans les sacs blancs simples	16	46	16	10
« + 1 couche de papier	19	67	16	10
« + 2 couches de papier	17	75	18	10
Dans les sacs noirs simples	15	75	18	10
« + papier noir	17	75	17	10

On voit, d'après ces nombres, que la lumière ralentit beaucoup la germination des graines de tous les lots.

Une analyse plus détaillée de ce phénomène m'a montré que l'action retardatrice de la lumière est plus prononcée pour les lots de graines qui ont mûri à l'obscurité.

Ainsi, dans une expérience sur le *Pisum sativum*, j'ai eu, au bout de 6 jours de germination à la lumière du jour, les nombres suivants de graines germées qui représentent la proportion pour 100 du nombre des graines semées :

GRAINES PROVENANT DES FRUITS DÉVELOPPÉS :	NOMBRE DE GRAINES GERMÉES POUR 100
A la lumière du jour...........	90
Dans les sacs blancs simples....... .	80
« + 1 couche de papier	70
« + 2 couches de papier	70
Dans les sacs noirs simples.........	70
« + 1 papier noir	30

Ces nombres montrent nettement que la lumière ralentit la germination des graines mûries à l'obscurité plus fortement que celle des graines développées en pleine lumière du jour.

Des résultats analogues ont été obtenus aussi dans des expériences des germinations de grains de blé à la lumière. Au contraire, quand on fait germer ces deux dernières plantes *à l'obscurité* on ne constate aucune différence dans la rapidité de germination des lots développés aux différents éclairements.

J'ai constaté encore que le développement des plantules provenant des graines développées dans les sacs est plus faible à la lumière qu'à l'obscurité. Ainsi, dans une expérience sur le *Pisum sativum*, au bout de 6 jours de germination, j'ai enlevé leurs cotylédons aux plantules et j'ai déterminé le poids sec des plantules ainsi traitées. Voici les résultats de cette expérience :

GRAINES PROVENANT DES FUITS DÉVELOPPÉS :	POIDS SEC DE 100 PLANTULES	
	germination à la lumière	germination à l'obscurité
A la lumière du jour	1,366 gr.	1,340 gr.
Dans les sacs blancs simples.	1,087 gr.	2,250 gr.
« + 1 couche de papier....	1,350 gr.	2,200 gr.
« + 2 couches de papier....	1,485 gr.	2,450 gr.
Dans les sacs noirs simples.	1,162 gr.	1,900 gr.
« + papier noir..	0,766 gr.	2,060 gr.

Ces nombres nous montrent que le poids sec des plantules obtenues à l'obscurité et provenant des graines mûries à la lumière du jour est sensiblement le même que des plantules appartenant au même lot de graines mais obtenues à la lumière. Au contraire, le poids sec des plantules obtenues à l'obscurité et appartenant à tous les autres lots de graines est à peu près deux fois plus grand que le poids sec des plantules provenant des mêmes lots de graines mais obtenues à la lumière. Par conséquent, la lumière ralentit de beaucoup le développement des plantules provenant des graines qui ont mûri à un faible éclairement. Tous ces faits prouvent que l'intensité d'éclairement pendant le développement de la graine détermine la rapidité de sa germination et le développement de la plantule pendant le premier stade. On peut donc dire qu'il existe chez les graines une adaptation physiologique pour l'intensité d'éclairement. On sait que les graines se développent à un éclairement relativement faible, car, même en pleine lumière du jour, la plus grande quantité de cette lumière, avant d'arriver aux graines, est absorbée par les parois du péricarpe. C'est pourquoi un éclairement plus fort que celui sous lequel la graine se développe ralentit sa germination, car une nouvelle adaptation devient nécessaire dans ces nouvelles conditions d'éclairement. L'action d'une lumière relativement forte sur la germination est, comme nous l'avons vu, encore plus prononcée dans le cas où les graines se sont développées à un éclairement très faible ou à l'obscurité. Nous avons donc ici une gradation dans l'adaptation physiologique, suivant l'intensité lumineuse à laquelle la graine se développe.

Il m'a paru intéressant, à ce point de vue, de rechercher l'intensité lumineuse à laquelle l'action retardatrice de la lumière sur la germination serait supprimée. J'ai fait donc germer les graines sous des cloches de verre recouvertes par des nombres différents de feuilles de papier blanc ordinaire et j'ai constaté que la rapidité de la germination sous la cloche recouverte par trois feuilles de papier, est la même qu'à l'obscurité.

Voici les nombres obtenus dans une expérience sur le blé. Les cloches, sous lesquelles j'ai mis les grains, ont été exposées à la lumière diffuse du jour. Le nombre de grains, dans chaque lot, était égal à 20.

Au bout de 4 jours de germination, j'ai trouvé les nombres suivants des grains germés :

GRAINS PROVENANT DES FRUITS DÉVELOPPÉS :	Sous la cloche recouverte par trois feuilles de papier blanc	Sous la cloche recouverte par du papier noir
A la lumière du jour........... ..	19	19
Dans les sacs blancs simples.. ...	19	18
« + 1 couche de papier	18	19
« + 2 couches de papier.....	19	20
Dans les sacs noirs simples	18	18
« + papier noir	17	17

On voit, d'après ces nombres, que la lumière du jour affaiblie par trois feuilles de papier blanc, n'a aucune influence sur la rapidité de la germination des grains de tous les lots examinés.

Par conséquent, c'est à partir d'une intensité bien déterminée que la lumière provoque un ralentissement dans la germination des graines.

On comprend aisément que toutes ces expériences ne peuvent pas déterminer l'influence de la lumière sur le pouvoir germinatif des graines. Comme nous l'avons vu, les expériences sur la germination des graines ont été faites à l'éclairement varié du jour et de la nuit. Je n'ai pas constaté dans ces conditions une différence sensible dans le pouvoir germinatif des graines développées aux différentes intensités lumineuses. Mais le fait qu'une lumière discontinue ralentit la germination donne à penser qu'un fort éclairement continu pourrait aussi détruire le pouvoir germinatif des graines.

CONCLUSIONS

Comme nous l'avons vu, le développement de l'embryon s'accomplit dans une atmosphère close. A l'inverse du sommet végétatif, de la racine ou de la tige, l'embryon reste séparé de l'atmosphère extérieure par les téguments de la graine et par les parois du péricarpe. Mais ce fait n'a pas d'influence sensible sur la respiration de l'embryon, car, grâce à l'activité osmotique ainsi qu'à la fonction chlorophyllienne des parois du péricarpe, le gaz qui entoure l'embryon n'est jamais remplacé par le gaz carbonique provenant de la respiration. Par conséquent, la faible croissance des cellules du tissu embryonnaire ainsi que l'accumulation d'une grande quantité de réserves organiques dans ses cellules ne peuvent pas être rapportées à des particularités spécifiques des échanges gazeux de l'embryon.

D'autre part, l'expérience montre que l'*atmosphère close est, par elle-même, nécessaire pour le développement normal de la graine*: il faut donc penser qu'il existe un facteur encore inconnu qui détermine la nécessité de l'atmosphère close pour le développement normal de l'embryon.

La pression mécanique constitue une autre particularité physiologique du développement de l'embryon.

Les téguments de la graine, par eux-mêmes, produisent déjà une pression mécanique sur ce dernier et empêchent ainsi une trop grande augmentation de son volume. On peut facilement s'assurer de la présence de cette pression mécanique en examinant un grand nombre de graines de *Pisum sativum*; on peut constater, par cet examen, que certaines graines portent des déchirures des téguments produites par une augmentation trop forte du volume de l'embryon.

Les parois du péricarpe, à leur tour, exercent une pression mécanique sur les embryons directement ou par l'intermédiaire du gaz qui se trouve à l'intérieur du fruit. Et nous avons vu que cette pression est assez forte pour donner à la graine une forme déterminée ainsi que pour régler sa masse et son volume.

Le développement de l'embryon est donc limité par la pression mécanique des tissus qui l'entourent.

La nutrition de l'embryon se fait par le transport des substances plastiques provenant de l'organisme-mère; c'est pourquoi la suppression de la fonction chlorophyllienne des parois du péricarpe n'empêche pas le développement normal de la graine.

En même temps, la lumière joue un rôle très important dans le développement du fruit. *La lumière est absolument nécessaire au début de la formation du fruit*; en l'absence de la lumière pendant ce stade dé développement la graine meurt, comme le montrent les expériences, et ce fait provoque, en outre, très souvent la mort du fruit entier.

L'action de la lumière, dans ce cas, n'a rien de commun avec sa fonction dans le phénomène de l'assimilation chlorophyllienne. Nous avons ici une influence directe de ce facteur sur la nutrition des cellules par les substances organiques (1). J'ai constaté déjà cette influence de la lumière sur l'assimilation de certains sucres ainsi que sur l'assimilation des substances organiques de réserve des graines et des bulbes (2). D'après les résultats de diverses expériences faites dans ce but, *c'est la lumière d'une intensité relativement faible qui est la plus favorable à l'assimilation des substances organiques par le tissu de la plante éclairée*; l'énergie de cette assimilation s'abaisse quand la lumière, à partir de l'intensité optimum, augmente ou diminue. A l'obscurité la plus profonde, l'assimilation des sucres s'abaisse jusqu'à zéro.

Comme les transformations chimiques qui composent l'assimilation des substances organiques par une cellule sont produites par l'action de diverses diastases, il est probable que l'action de la lumière dans cette assimilation est basée sur son influence dans les phénomènes de la formation et de destruction des diastases (3). La formation de certaines de ces diastases demande la lumière; c'est pourquoi, au début de son développement, c'est-à-dire au moment de la multiplication la plus active de ses cellules, l'embryon a besoin d'un certain éclairement pour accumuler la quantité nécessaire de diastases dans toutes les cellules. Si, à ce stade, on place l'embryon à l'obscurité, il meurt de faim, car il manque à un grand nombre de

(1) Palladine, W. : *Influence de la lumière sur la formation des matières protéiques, etc.* (Rev. gén. Botan., t. XI, 1899, p. 81).

Dumont, J. : *Influence des diverses radiations lumineuses sur la migration des albuminoïdes dans le grain de blé* (Comptes-rendus, 1905, 30 octobre; 1906, 24 décembre).

(2) W. Lubimenko.: *Action directe de la lumière sur la transformation des sucres absorbés par les plantules du Pinus Pinea.* (Comptes-rendus, 8 octobre 1906.)

Id : *Influence de la lumière sur l'assimilation des réserves organiques des graines et des bulbes par les plantules, au cours de leur germination.* (Comptes-rendus, 13 mai 1907.)

(3) Green, J.-R. : *On the action of light on diastase* (Philos. transact. of the Roy. Soc. of London; Ser. B. t. 188, 1897, p. 167-190).

Emmerling, O. : *Die Einwirkung des Sonnenlichtes auf die Enzyme* (Ber. d. deutsch. chemisch. Ges., 1901, p. 3811-3814).

ses jeunes cellules une quantité suffisante des enzymes qui provoquent l'assimilation des substances organiques venant de l'organisme-mère.

Il est intéressant, à ce point de vue, de remarquer que d'après les expériences de M. Droit (1) le point de la croissance de la tige demande aussi un certain éclairement au début de son développement.

Comme montrent les expériences de cet auteur, les bourgeons d'arbres ne donnent pas de pousses et meurent tous quand on les met, sans les séparer de la plante, à une obscurité profonde:.

Il faut donc penser que l'influence de la lumière sur l'assimilation des substances organiques par le tissu éclairé est un phénomène général pour toutes les parties de la plante qui se développent à la lumière du jour (2).

L'embryon, après avoir passé le début de son développement à la lumière, c'est-à-dire, après avoir fait une certaine réserve d'enzymes, suivant notre hypothèse, *peut se développer ensuite même à l'obscurité*. Mais cependant, *à l'obscurité, la production de la substance sèche chez le fruit est sensiblement inférieure à celle que l'on obtient à la lumière du jour*. En outre, *le nombre des graines, normalement développées dans les fruits privés de lumière après le début de leur formation, est sensiblement moindre que celui obtenu dans les fruits éclairés.*

En somme, même quand on place un fruit à l'obscurité, après le début de son développement, l'absence de lumière se manifeste par une croissance relativement faible.

D'autre part, *l'intensité lumineuse ne doit pas dépasser une certaine limite*; une lumière trop forte ralentit le développement du fruit de la même façon que l'obscurité. Comme le montrent les expériences, dans la plupart des cas, la lumière du jour ordinaire est déjà trop forte pour le développement du fruit; et *c'est à la lumière du jour, plus ou moins atténuée suivant la plante, que le fruit atteint le maximum de sa croissance*. Il existe donc, pour le développement du fruit, une intensité lumineuse optima qui correspond sensiblement à l'intensité optima pour l'assimilation des sucres que j'ai constatée antérieurement pour les plantules de diverses espèces.

L'influence de la lumière se manifeste, non seulement dans la production plus ou moins grande de substance sèche chez les fruits, mais elle se traduit aussi par des variations dans la composition chimique de cette substance. Comme nous l'avons vu, *la quantité de cendre, chez les fruits de certaines plantes, augmente quand l'intensité d'éclairement diminue. Les quantités d'acides libres et de sucres dans les fruits varient aussi, suivant l'éclairement.* L'expérience montre que *l'acidité des fruits, chez certaines plantes, au lieu d'augmenter, diminue avec la lumière.*

---

(1) L. G. Droit : *Structure et fonctions de quelques organes de protection chez les végétaux*. (Thèse. Lille 1908, p. 63-64.)

(2) W. Lubimenko. *Production de la substance sèche et de la chlorophylle chez les végétaux supérieurs*, etc. (Ann. de Sc. naturelles. Botanique. IX^e série, 1908). Voir aussi la bibliographie citée dans cet article.

Enfin, l'éclairement sous lequel le fruit se développe, produit, chez les graines de ce fruit, une sorte d'adaptation physiologique qui se manifeste au cours de leur germination.

C'est à l'obscurité ou à la lumière d'intensité égale à celle sous laquelle les graines se développent, que leur germination atteint le maximum de rapidité. Au contraire, une intensité lumineuse plus forte que cette dernière ralentit la germination des graines.

Tous ces faits montrent nettement que la lumière joue un rôle très important dans les phénomènes compliqués des différentes transformations chimiques qui constituent le côté physiologique du développement des fruits et des graines chez les plantes supérieures.

Au point de vue pratique, les résultats que j'ai obtenus dans mes expériences sur les fruits ont une importance pour l'horticulture ainsi que pour la viticulture. On comprend aisément qu'en réglant, par des méthodes appropriées, l'éclairement des fruits, on peut élever sensiblement la récolte. En outre on peut, dans de certaines limites, par ce même réglage de l'éclairement, faire produire, par la plante, des fruits d'une composition chimique (quantitative) déterminée d'avance. Il y a donc lieu d'espérer que, désormais, la question de l'influence de la lumière sur le développement des fruits et des graines attirera davantage l'attention, à la fois des savants et des agriculteurs.

NOTES BIBLIOGRAPHIQUES

ROUY G. — **Flore de France.** (Tome XI. - En vente chez les Fils d'Emile Deyrolle, 46, rue du Bac. - Un volume de 429 pages; Prix : 8 francs).

M. ROUY vient de publier le Tome XI de la *Flore de France*, qui, comme on sait, comprend à côté de toutes les espèces linnéennes et avec l'indication des liens qui les y rattachent, ce qu'on nomme aujourd'hui les petites espèces. Toutefois, l'auteur ne se borne pas à cette distinction entre deux catégories spécifiques ; il décrit des formes réparties, suivant une hiérarchie très complexe, depuis la sous-espèce principale jusqu'à la dernière variation de la variété la plus infime. En outre, tous les hybrides ont aussi leur place dans cette flore, ainsi même que leurs variétés ou formes diverses.

Le tome XI comprend les Scrofulariacées, les Orobanchacées, les Utriculariées et les Labiées.

Les Scrofulariacées de France sont classées par M. ROUY, d'après les divisions qu'il a révisées ou établies, ainsi qu'il l'a exposé pour la Flore d'Europe, dans la *Revue Générale de Botanique*.

Notons la description très détaillée de certains genres particulièrement épineux, tels que les *Verbascum*, *Pedicularis*, *Euphrasia*, *Orobanche*, *Galeopsis* et *Mentha*.

Comme toujours, ce volume est suivi d'un appendice très intéressant, où se trouvent toutes les nouveautés intéressant la *Flore de France* et qui se rapportent à tous les volumes précédents.

On doit féliciter M. ROUY de mener à bonne fin, une œuvre aussi considérable et aussi ardue, et tous les botanistes seront heureux en recevant ce volume de constater que l'auteur a déjà dépassé les trois quarts de la *Flore de France*. Gaston BONNIER.

CHRONIQUES ET NOUVELLES

On vient de célébrer à Orange le jubilé du naturaliste J. H. FABRE né en 1823 à Saint-Léons (Aveyron). En dehors de ses travaux bien connus sur les insectes, M. J. H. FABRE a fait de remarquables recherches de Botanique, entre autres sur le développement de nos Orchidées indigènes.

⁂

M. W. L. KOMAROV a exploré la presqu'île du Kamtchatka de Juin à Octobre 1909 et a rapporté d'importantes collections de cette région à peu près inconnue au point de vue botanique. M. R. POHLE a, de son coté, étudié la végétation des gouvernements d'Olonetz et d'Arkhanghel.

⁂

Une grande exposition internationale d'Agriculture a lieu cette année à Buenos-Ayres et sera inaugurée le 3 juin 1910.

Lille. — Imp. LE BIGOT Frères. Le Gérant, Ch. PIETERS.

MODE DE PUBLICATION & CONDITIONS D'ABONNEMENT

La *REVUE GÉNÉRALE DE BOTANIQUE* paraît le 15 de chaque mois et chaque livraison est composée de 32 à 64 pages avec planches et figures dans le texte.

Le prix annuel (payable d'avance) est de :

20 fr. pour Paris, les Départements et l'Algérie.
22 fr. 50 pour l'Étranger.

Aucune livraison n'est vendue séparément.

Adresser les demandes d'abonnements, mandats, etc., à M. l'Administrateur de la LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT, 1, rue Dante. à Paris.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. Gaston BONNIER, professeur à la Sorbonne, 15, rue de l'Estrapade, Paris.

Il sera rendu compte dans les revues spéciales *des ouvrages, mémoires ou notes dont un exemplaire aura été adressé au Directeur de la* Revue générale de Botanique. *De plus, l'ouvrage envoyé sera annoncé immédiatement sur la couverture.*

Les auteurs des travaux insérés dans la *Revue générale de Botanique* ont droit gratuitement à vingt-cinq exemplaires en tirage à part.

PRINCIPAUX COLLABORATEURS
DE LA
Revue générale de Botanique

Aubert, docteur ès sciences.

Battandier, professeur à l'École de médecine d'Alger.

Becquerel (Paul), docteur ès sciences.

Bernard, maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Caen.

Blaringhem, docteur ès sciences.

Boergesen, docteur ès sciences de l'Université de Copenhague.

Bonnier (Gaston), membre de l'Académie des Sciences.

Bornet, membre de l'Académie des Sciences.

Boudier. Correspondant de l'Institut.

Boutroux, professeur à la Faculté des Sciences de Besançon.

Briquet, prof. à l'Université de Genève.

Brunotte, chargé de cours à l'Ecole de pharmacie de Nancy.

Chauveaud, directeur-adjoint à l'École des Hautes-Etudes.

Costantin, professeur au Muséum d'Histoire naturelle.

Coupin, chef de travaux à la Sorbonne.

Daniel, professeur à la Faculté des Sciences de Rennes.

Dassonville, de l'Institut Pasteur.

Devaux, professeur à l'Université de Bordeaux.

Dubard, maître de Conférences à la Sorbonne.

Ducamp, docteur ès sciences.

Dufour, directeur-adj. du Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau.

Eriksson (Jakob), professeur à l'Académie royale d'Agriculture de Suède.

Finet. préparateur au Muséum.

Flahault, professeur à l'Université de Montpellier.

Flot, docteur ès sciences.

Fockeu, profes. à l'Université de Lille.

Friedel (Jean), Conservateur des Collections botaniques de la Sorbonne.

Gain, prof.-adj. à l'Université de Nancy.

Gallaud, docteur ès sciences.

Gatin, docteur ès sciences, préparateur à la Sorbonne.

Giard, membre de l'Académie des Sciences.

Goldberg, docteur ès sciences de l'Université de Varsovie.

Grélot, professeur à l'École supérieure de pharmacie de Nancy.

Griffon, professeur à l'École supérieure d'Agriculture de Grignon.

Guignard, membre de l'Académie des Sciences.

Guilliermond, docteur ès sciences.

Heckel, prof. à l'Université de Marseille.

Henry, prof. à l'École forestière de Nancy.

Hérissey, chef de travaux à l'École supérieure de Pharmacie de Paris.

Hervier (l'abbé Joseph).

Hickel, inspecteur des forêts.

Hochreutiner, docteur ès sciences, de l'Université de Genève.

Houard, Lauréat de l'Institut.

Houlbert, docteur ès sciences.

Hue (l'abbé), lauréat de l'Institut.

Hy (l'abbé), professeur à la Faculté catholique d'Angers.

Jaccard, professeur au Polytechnicum de Zurich.

Jacob de Cordemoy (H.), chargé de cours à l'Université de Marseille.

Janczewski (de), professeur à l'Université de Cracovie.

Jonkman, de l'Université d'Utrecht.

Jumelle, professeur à la Faculté des Sciences de Marseille.

Kolderup Rosenvinge, docteur ès sciences, de l'Université de Copenhague.

Kővessi, inspecteur de la viticulture de Hongrie.

Lagerheim (de), prof. à l'Université de Stockholm.

Laurent, professeur à l'École de médecine de Reims.

Leclerc du Sablon, professeur à la Faculté des Sciences de Toulouse.

Lefèvre (J.), professeur à l'École des Sciences du Hâvre.

Lesage, maître de Conférences à l'Université de Rennes.

Lothelier, docteur ès sciences.

Lubimenko, assistant au Jardin Nikita, Crimée

Macmillan (Conway), professeur à l'Université de Minnesota.

Magnin, prof. à l'Univers. de Besançon.

Maige, professeur à l'École supérieure des Sciences d'Alger.

Matruchot, prof.-adjoint à la Sorbonne.

Mer, directeur de la Station forestière de l'Est.

Mesnard, professeur à l'École de médecine de Rouen.

Mirande, professeur à l'Université de Grenoble.

Molliard, Professeur-adjoint à la Sorbonne.

Palladine, prof. à l'Université de Saint-Pétersbourg.

Paulsen (Ove), docteur ès sciences de l'Université de Copenhague.

Posternak, docteur ès sciences de l'Université de Zurich.

Poulsen, docteur ès sciences de l'Université de Copenhague.

Prillieux, membre de l'Académie des Sciences.

Prunet, prof. à l'Université de Toulouse.

Rabot (Charles), explorateur.

Ray, maître de conférences à l'Université de Lyon.

Richter (André), assistant à l'Université de Saint-Pétersbourg.

Ricôme, maître de Conférences à l'Université de Lille.

Russell (William), docteur ès sciences.

Sabline, de l'Université de Saint-Pétersbourg.

Seignette, docteur ès sciences.

Smirnoff, de l'Université de St-Pétersbourg.

Téodoresco, docteur ès sciences, professeur à l'Université de Bucharest.

Thouvenin, professeur à l'École de médecine de Besançon.

Trabut, prof. à l'École de médec. d'Alger.

Tswett, de l'Université de Varsovie.

Vallot (J.), directeur de l'Observatoire du Mont-Blanc.

Van Tieghem, membre de l'Académie des Sciences.

Viala, prof. à l'Institut agronomique.

Viguier, docteur ès sciences, préparateur au Museum d'Histoire naturelle.

Vries (Hugo de), professeur à l'Université d'Amsterdam.

Vuillemin, professeur à la Faculté de médecine de Nancy.

Warming, prof. à l'Univ. de Copenhague.

Zeiller, membre de l'Académie des Sciences.

Lille. — Imp. Le Bigot frères.

Le Gérant, Ch. Piéters.

REVUE GÉNÉRALE
DE
BOTANIQUE

DIRIGÉE PAR

M. Gaston BONNIER

MEMBRE DE L'INSTITUT,

PROFESSEUR DE BOTANIQUE A LA SORBONNE

TOME VINGT-DEUXIÈME

Livraison du 15 Mai 1910

N° 257

Entered at the New-York Post Office
as Second Class matter.

PARIS
LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT
1, RUE DANTE, 1
1910

SOMMAIRE DU 15 MAI 1910

I. — LES ÉCHANGES GAZEUX DES FEUILLES PENDANT LA FORMATION ET LA DESTRUCTION DES PIGMENTS ANTOCYANIQUES, par **M. Raoul Combes** 177

II. — NOTE SUR LA VÉGÉTATION DE LA BANDE SEPTENTRIONALE DES TERRAINS SECONDAIRES DANS LES PYRÉNÉES, par **M. Émile Bouget**. 213

III. — NOTES BIBLIOGRAPHIQUES. 222

IV. — CHRONIQUES ET NOUVELLES 224

Pour le mode de publication et les conditions d'abonnement voir la troisième page de la couverture.

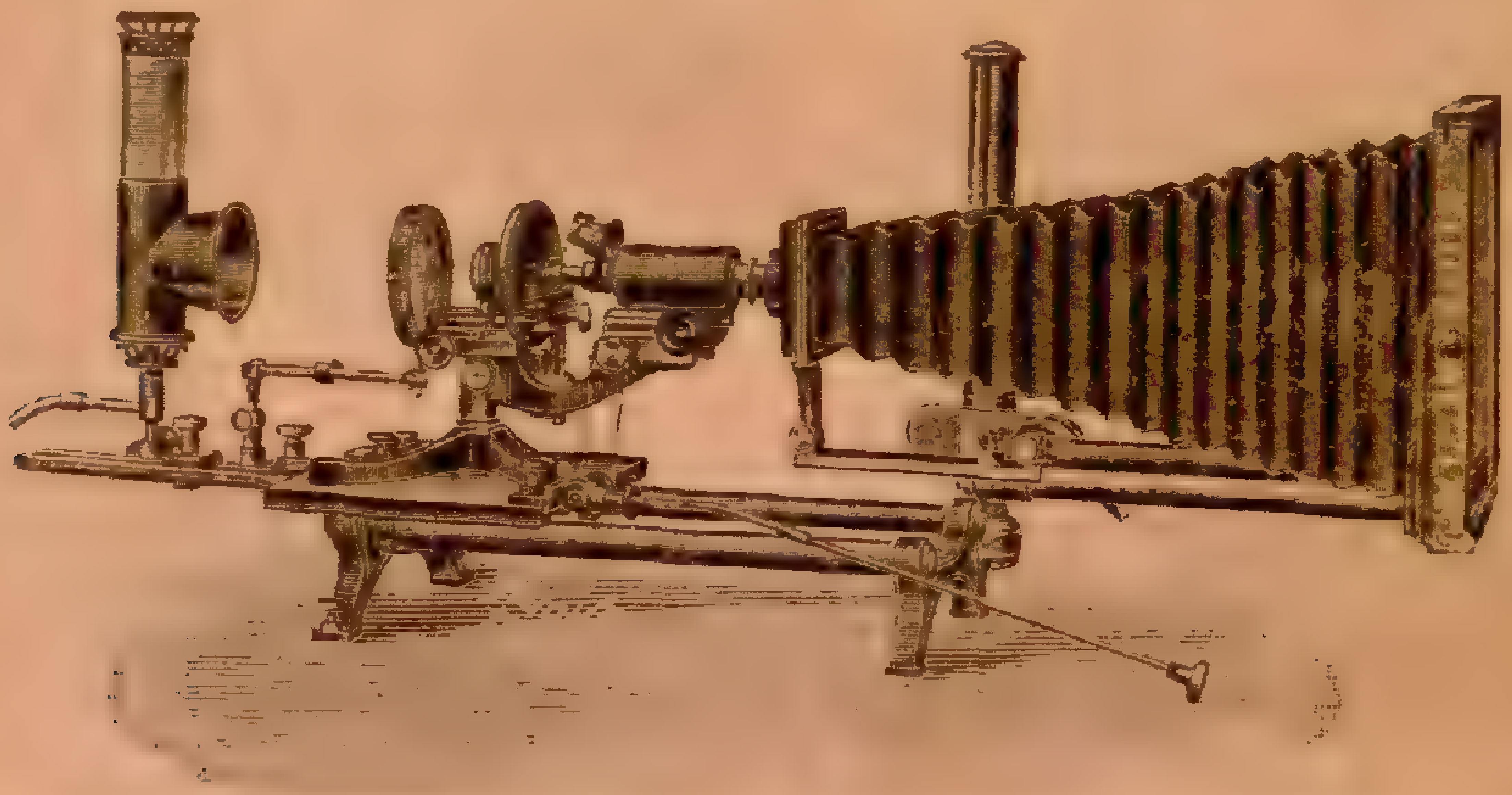
Pour tout ce qui concerne les Annonces, s'adresser à Monsieur l'Administrateur de la Librairie générale de l'Enseignement, 1, rue Dante, Paris (Vᵉ).

E. LEITZ, WETZLAR

Berlin, Francfort-s -M., St-Pétersbourg, Londres, New-York, Chicago.

Dépositaires à Paris

MM. E. COGIT & C^ie^, 36, boulevard St-Michel



MICROSCOPES pour travaux Scientifiques et Techniques.

MICROTOMES. — Appareils microphotographiques et de projection. — **Objectifs** photographiques, Jumelles à prismes.

Catalogues spéciaux. — Envoi sur demande gratis et franco.

SOCIÉTÉ

LUMIÈRE & SES FILS

LYON-MONPLAISIR

FABRIQUE DE

PLAQUES PELLICULES PAPIERS
PRODUITS PHOTOGRAPHIQUES

PHOTOGRAPHIE directe des COULEURS

PAR LES

“PLAQUES AUTOCHROMES”

(Procédé Auguste et Louis LUMIÈRE, breveté dans tous les Pays)

EN VENTE PARTOUT

Les Fils d'Émile **DEYROLLE**, Naturalistes

PARIS · 46, rue du Bac, 46 · PARIS

TÉLÉPHONE 729-27

Usine à Vapeur : 9, rue Chanez, PARIS-AUTEUIL

Sciences Naturelles

ZOOLOGIE — BOTANIQUE — GÉOLOGIE — MINÉRALOGIE
TECHNOLOGIE

Instruments pour la Recherche des objets d'Histoire naturelle et leur classement en collection

BOCAUX - BOITES A BOTANIQUE - CARTONS A HERBIER - CUVES
DÉPLANTOIRS - LOUPES - PAPIER BOTANIQUE

Pièces d'Anatomie végétale, d'Anatomie humaine et comparée

Cabinets et Collections d'Histoire naturelle

Collections générales et spéciales — Physiologie - Technologie

Micrographie — Projection
Appareils — Préparations microscopiques
Microphotographies sur verre pour projections

CATALOGUES EN DISTRIBUTION

Les Catalogues concernant les Spécialités suivantes sont adressés **Gratis et Franco**

- **Cabinets de Physique, de Chimie et Instruments de précision.**
- **Projections pour l'enseignement,** lanternes de projections, etc.
- **Enseignement technique, Collections** et **Matériel.**
- **Pièces d'anatomie humaine comparée** et **botanique** en staff et cire.
- **Mammifères. Oiseaux, Reptiles** et **Poissons,** prix à la pièce.
- **Squelettes montés,** prix à la pièce.
- **Insectes européens** et **exotiques,** prix à la pièce.
- **Coquilles,** prix à la pièce.
- **Animaux invertébrés en alcool,** prix à la pièce.
- **Fossiles et Minéraux,** prix à la pièce.
- **Cabinets** et **Collections d'histoire nature** pour les enseignements primaire, seco daire et supérieur.
- **Livres d'histoire naturelle.**
- **Instruments** pour l'étude des scien naturelles.
- **Microscopes, Microtomes.**
- **Préparations microscopiques,** instrumen pour la **Micrographie**
- **Meubles** pour le rangement des collect
- **Tableaux d'histoire naturelle,** colles s toile avec bâton haut et bas, mesuran 1m10 × 0m90, destinés à l'enseignemen secondaire et supérieur.
- **Mobilier et Matériel d'enseignement** pou les écoles enfantines, primaires, lycée collèges, facultés, etc.
- **Musée scolaire** pour leçons de choses.

Appareils & Produits Chimiques pour Bactériologie

MICROGRAPHIE — PHOTOGRAPHIE — MICROPHOTOGRAPHIE
RÉACTIFS — MATIÈRES COLORANTES PURES
PRODUITS PURS POUR ANALYSES — VERRERIE SOUFFLÉE & GRADUÉE

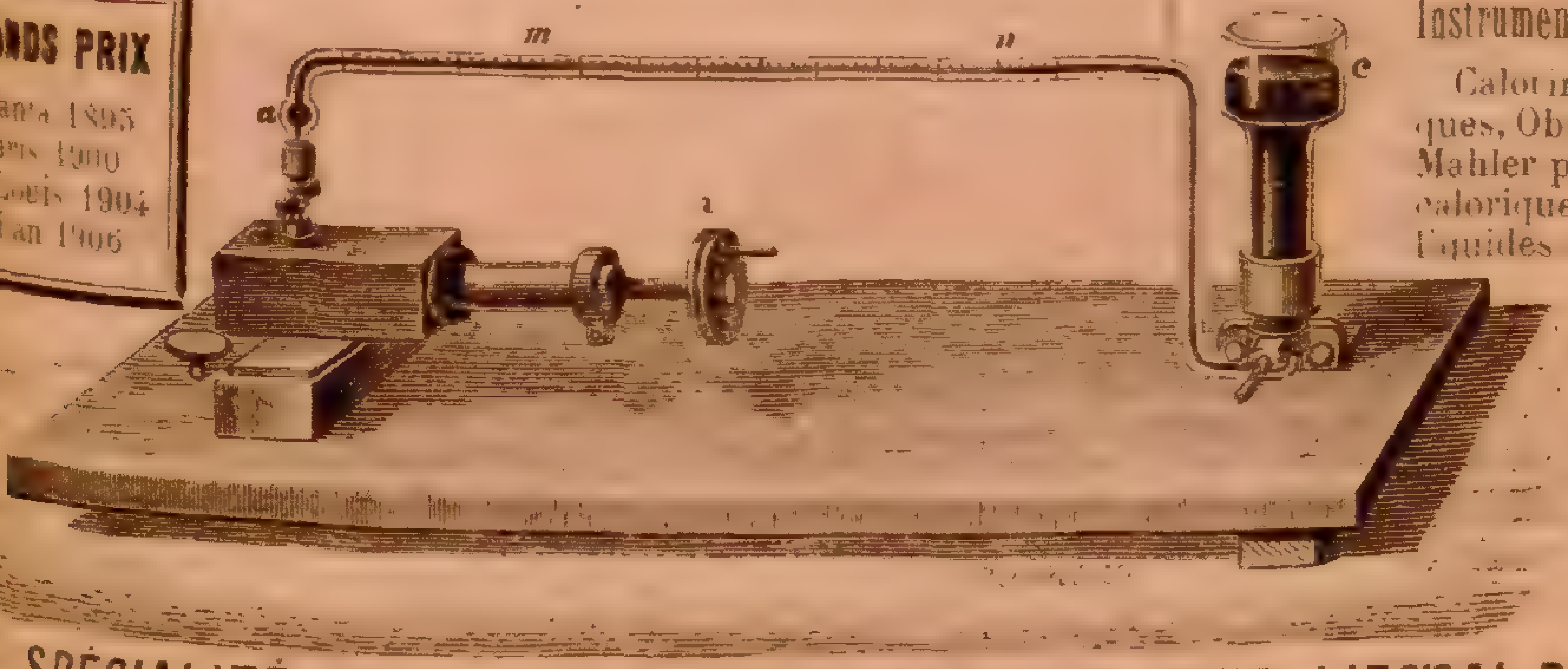
CONSTRUCTION D'INSTRUMENTS de PRÉCISION
destinés aux Arts, aux Sciences et à l'Industrie
Ancienne Maison SALLERON-DEMICHEL

Les Établissements POULENC Frères
122, Boulevard Saint-Germain. — PARIS

Fournisseurs de la Faculté des Sciences de Paris, du Muséum d'Histoire Naturelle, de l'Institut Pasteur, etc., etc.

L. GOLAZ, Constructeur, 23, Avenue du Parc de Montsouris, **PARIS** (14e)

RANDS PRIX
Atlanta 1895
Paris 1900
t-Louis 1904
Milan 1906



Instruments pr la Physique et la Chimie

Calorimètres. Bombes calorimétriques, Obus calorimétriques de M. P. Mahler pour l'estimation du pouvoir calorique des combustibles solides, liquides et gazeux.

Appareil de MM. Bonnier et Mangin, pour l'analyse des Gaz.

Cet appareil est construit spécialement pour les laboratoires de botanique.

Trompes et Rampes à Vide
Pompes pour pression

Grisoumètre, Cryoscope

SPÉCIALITÉ D'APPAREILS ENREGISTREURS POUR L'ESSAI DES EXPLOSIFS

C. FONTAINE

18, rue Monsieur-le-Prince
PARIS

CHIMIE

actériologie
icrographie

nitures diverses
r Laboratoires

RRERIES
ET
AREILS

CHIMIE

Électricité
Photographie

Appareils divers
pour Cabinets

PRODUITS
CHIMIQUES

CATALOGUE RAISONNÉ
DES
Appareils pour les expériences et les études de physiologie végétale

Ce Catalogue qui vient de paraître (Janvier 1910), donne la figure et les prix de nombreux appareils utilisés en physiologie végétale.

Il comprend les divisions suivantes :

Respiration, Transpiration, Physico-chimie, Assimilation chlorophyllenne et Chlorophylle, Aliments des plantes, Mouvement des végétaux, Microchimie physiologique, Physiologie de la Reproduction.

Ce Catalogue sera adressé à toute personne qui en fera la demande à la Maison :

Les Fils d'ÉMILE DEYROLLE, Naturalistes

PARIS, 46, rue du Bac (Téléphone 729-2

MICROGRAPHIE - BACTÉRIOLOGIE

E. COGIT & Cie

36, Bd St-Michel

PARIS

Constructeurs
d'Instruments
et d'Appareils
pour les Sciences

Dépôt pr la FRANCE
DES MICROSCOPES
de E. LEITZ

MODÈLES SPÉCIAUX POUR LA BACTÉRIOLOGIE
Microscope binoculaire

Microtomes MINOT et Microtomes de toutes marques
Produits chimiques et Colorants spéciaux
pour la MICROGRAPHIE et la BACTÉRIOLOGIE

Dépôt des Produits de GRÜBLER & Cie, de Leipzig
uves à Culture, Autoclaves, Installations complètes de Laboratoires, Milieux de Culture sterilisés

Nouvel Appareil Microphotographique COGIT

Préparations microscopiques
DANS TOUTES LES BRANCHES DE L'HISTOIRE NATURELLE
MÉDAILLE D'OR A L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 190

Embryologie. — Anatomie normal et pathologique. — Zoologie générale — Sédiments urinaires. — Bactéries. — Physiologie et Anatomie végétale. — Textiles et papiers. — Champignon parasites. — Ferments. — Mousses. — Lichens. — Algues. — Diatomées — Matières alimentaires et falsifications — Pharmacie. — Minéralogie. — Objet préparés non montés en séries. — Col lections spéciales pour les Lycées. Col lèges et Ecoles normales, etc.

J. TEMPÈRE
Préparateur-Micrographe
à Gretz-sur-Loing (S.-M.).

☞ Envoi du Catalogue général franco sur dema

LILLE. — LE BIGOT FRÈRES

Le Gérant, Ch. Pieters.

LES
ÉCHANGES GAZEUX DES FEUILLES
PENDANT LA
Formation et la destruction des pigments anthocyaniques

par M. Raoul COMBES

I. — HISTORIQUE

Dans un Mémoire (1) publié l'an dernier, j'ai exposé l'ensemble des résultats auxquels ont abouti les nombreuses recherches effectuées jusqu'à cette époque sur la formation des pigments rouges chez les végétaux; je ne rappellerai donc ici que les grandes lignes de cet exposé en insistant seulement sur les travaux qui parurent après la publication de mon Mémoire.

Les recherches de Mohl, Haberlandt, Askenasy, Kraus et Mer, ainsi que les expériences de Gaston Bonnier, Overton, Dufour et Eberhardt, ont mis en évidence le rôle important joué dans le phénomène du rougissement par les agents extérieurs tels que la lumière, la température et l'état hygrométrique de l'air.

Les travaux d'Overton, de Molliard et de Palladine ont montré l'existence de relations étroites entre la production de l'anthocyane chez les végétaux cultivés en solutions sucrées et l'accumulation, dans leurs tissus, de sucres provenant du milieu de culture dans lequel ils se développent. Il résulte d'autre part de mes recherches, opérées sur différentes plantes ayant constitué leur pigment rouge sous des influences naturelles diverses, que la production de l'anthocyane est toujours accompagnée d'une accumulation de composés hydrocarbonés solubles dans les organes qui se pigmentent. J'ai ainsi été amené à expliquer de la manière suivante la formation des pigments anthocyaniques : la pigmentation semble provoquée par l'accumulation de composés sucrés; l'apport actif d'hydrocarbones solubles détermine l'accélération des processus d'oxydation; la production des glucosides devient plus considérable et les composés élaborés dans ces conditions sont, au moins en partie, des anthocyanes.

---

(1) R. Combes. — *Rapports entre les composés hydrocarbonés et la formation de l'anthocyane* (Annales des Sciences naturelles, 9e série, pages 275-303, 1909).

Les observations de Pick, d'Overton, de Buscalioni et Polacci, de Mirande, ainsi que les recherches chimiques de Laborde, concluent à une relation entre la présence, dans les tissus, de composés anthocyaniques et de tannins; l'anthocyane dériverait d'un chromogène de nature tannoïdique et, pour certains de ces auteurs, la transformation aurait lieu grâce à une action oxydasique. Palladine a développé cette opinion en précisant les conditions dans lesquelles doit s'effectuer l'oxydation. L'auteur a mis en évidence l'existence de chromogènes dans un grand nombre de plantes; ces composés s'oxydent, non directement mais par l'intermédiaire des oxydases. Le plus souvent, l'oxygène fixé par les oxydases sur les chromogènes est immédiatement repris grâce à la présence de réductases dans les cellules et les chromogènes restent incolores. Dans certains cas cependant, les phénomènes de réduction se ralentissant et les réactions oxydantes devenant plus intenses, il en résulte une fixation définitive de l'oxygène sur les chromogènes et la coloration de ces derniers; la production de pigments rouges serait pour Palladine le résultat de ces modifications. Le rougissement des plantes correspondrait donc toujours à une accélération des processus d'oxydation et à un ralentissement dans les réactions réductrices.

Les résultats obtenus par Molliard dans ses recherches expérimentales permettent d'admettre que l'oxygène joue, en effet, un rôle important dans la production de l'anthocyane; c'est là une première confirmation donnée par l'expérience à la théorie oxydasique de Palladine. Je faisais observer à ce sujet, dans mon Mémoire sur les relations existant entre les composés hydrocarbonés et la formation de l'anthocyane, que l'étude des variations qui surviennent, au cours du rougissement des plantes, dans l'intensité et la nature de leurs échanges gazeux, fournirait d'utiles indications sur le phénomène de la formation des composés anthocyaniques. Ce sont les résultats de recherches faites dans ce sens que je vais exposer ici.

Les auteurs qui se sont récemment occupés de l'étude de la formation de l'anthocyane ont surtout envisagé la partie chimique de la question.

Miss Wheldale (1) a extrait du *Ligustrum vulgare* deux matières colorantes rouges, différant entre elles par leur solubilité dans l'eau et l'alcool ainsi que par la manière dont elles se comportent vis-à-vis des alcalis, des sels de fer et de plomb. L'auteur considère les composés anthocyaniques comme dérivant de substances tanniques ou de composés aromatiques appartenant à la série xanthique ou à des séries voisines; les nombreux pigments végétaux ne différeraient entre eux que par leur degré d'oxydation et résulteraient de l'action d'un ferment oxydant sur un chromogène appartenant à l'un des groupes de corps dont il vient d'être question. Les stades successifs de l'oxydation du chromogène correspondraient alors à des pigments différents : roses, lilas, violets, etc.; l'oxydation maximum aboutissant à la production des pigments pourpres.

Il faut rapprocher de la théorie de Miss Wheldale les résultats obtenus par Ph. Russo (2) dans son étude sur les relations qui existent entre la coloration des pigments floraux et le degré d'acidité du suc cellulaire qui les renferme. Les fleurs à corolle rouge, violette ou bleue possèdent un pigment dont la couleur varie suivant la réaction du suc cellulaire dans lequel il est dissous; c'est ainsi que les fleurs rouges sont plus acides que les bleues, et, pour Russo, il existerait, dans toutes les fleurs étudiées par lui, un seul et même pigment susceptible de changer de teinte suivant le degré d'acidité des fleurs considérées.

Dans une même fleur, l'auteur a d'ailleurs pu constater que les régions présentant des colorations différentes n'avaient pas le même degré d'acidité.

Dans un travail sur le pigment rouge des fleurs d'*Althœa rosea*

(1) M. Wheldale. — *The colours and pigments of Flowers, with special reference to genetics* (Proceedings of the Royal Society, *B.* Vol. 81, 1909).

Id. — *On the nature of Anthocyanine* (Proceedings of the Cambridge Philosoph. Soc. Vol. XV, R. II, 1909).

(2) Ph. Russo. — *Des pigments floraux* (Soc. Biol., Paris, LXV, 11 déc. 1908, p. 579).

que je résumerai plus loin, V. Grafe (1) montre que la constitution très différente des substances aromatiques aux dépens desquelles se forment les pigments anthocyaniques, et surtout la diversité des chaînes latérales susceptibles d'être soudées sur le noyau de ces composés, permettent de comprendre les différences existant entre les anthocyanes, au double point de vue de leur constitution et de leur coloration, sans qu'il soit nécessaire, ainsi que le pense Miss Wheldale, de faire entrer en ligne de compte les différents degrés d'oxydation de ces substances.

A mon avis, les trois séries de faits mis en évidence par Wheldale, Russo et Grafe, sont susceptibles d'être invoqués pour expliquer la diversité des aspects sous lesquels peut se présenter l'anthocyane. L'état actuel de nos connaissances ne nous permet plus, en effet, de considérer tous les pigments rouges, violets et bleus, comme constitués par un seul et même composé dont la couleur varie suivant son degré d'oxydation ou le degré d'acidité du milieu dans lequel il se trouve. Les molécules anthocyaniques sont très différentes entre elles, ainsi qu'ont pu le mettre en évidence les recherches de R. Glan (2), R. Heise (3), Arm. Gautier (4), Griffiths (5), H. Molisch (6), etc., et tout récemment encore celles de V. Grafe (7). Cependant on sait également qu'un même pigment peut prendre des colorations différentes suivant que sa solution est acide, neutre, ou alcaline; les observations de Russo, rappelées plus haut, et notamment celles qui mettent en évidence la relation existant entre la coloration des différentes parties d'une même fleur et le degré d'acidité en ses divers points, viennent préciser nos connaissances à ce sujet. Il est donc ainsi démontré qu'une même anthocyane peut se présenter avec des teintes différentes suivant la réaction du milieu dans lequel elle se trouve. Mais ces considérations ne vont pas à l'encontre de la théorie de Miss Wheldale et il semble fort possible qu'un même pigment anthocyanique puisse se présenter avec des teintes différentes suivant son degré d'oxydation. On est ainsi amené à considérer la diversité des aspects sous lesquels se présentent les pigments anthocyaniques comme participant en même temps de la nature de leur molécule, de leur état d'oxydation, ainsi que de la réaction du milieu dans lequel ils prennent naissance.

---

(1) V. Grafe. — *Studien über das Anthokyan* (Sitzungsberichten der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien. Mathem naturw. Klasse ; Bd. CXV. Abt I. 1906 et Bd. CXVIII. Abt I. Juli 1909).

(2) R. Glan. — *Ueber den Farbstoff der schwarzen Malve*. 1892.

(3) R. Heise. — Arbeiten des kais. Gesundkeitsamntes. Berlin, V, 618. 1889 et IX, 478. 1894.

(4) Arm. Gautier. — Comptes rendus Ac. Sc. Paris, T. 68, p. 1507 et T. 114, p. 623.

(5) Griffiths. — *Die Pigmente des Geraniums und anderer Pflanzen* (Ber. der deutschen.chem. Ges. XXXVI, 1903, p. 3959) et Chemical News 88, p. 249.

(6) H. Molisch. — *Ueber amorphes und kryslallisiertes Anthokyan* (Bot. Ztg. 1905, H. VII-VIII, p. 159).

(7) V. Grafe. — Loc. cit.

Miss Wheldale a également montré, en s'adressant à des plantes albinos dont les fleurs sont, dans les conditions normales, colorées par des pigments anthocyaniques, que la coloration blanche des fleurs de ces individus peut être rapportée à deux causes différentes : soit à l'absence du chromogène, soit à l'absence du ferment oxydant. Les fleurs renfermant le chromogène, mais restées blanches grâce à l'absence du ferment, peuvent d'ailleurs être facilement distinguées de celles qui contiennent le ferment mais dans lesquelles le chromogène manque; les premières sont d'un blanc d'ivoire tandis que les secondes sont d'un blanc mat.

Dans un Mémoire publié en 1906, Viktor Grafe (1) faisait connaître les résultats de ses premières recherches sur le pigment rouge des pétales de l'*Althæa rosea*; l'auteur avait isolé de ces organes, deux matières colorantes rouges : l'une, cristallisée et soluble dans l'alcool absolu, avait pour formule $C^{14} H^{16} O^{6}$, l'autre, amorphe et soluble dans l'eau, répondait à la formule $C^{20} H^{30} O^{13}$. Cette dernière fournissait du dextrose à l'hydrolyse et il avait été possible de mettre en évidence, dans sa molécule, l'existence de deux groupements acides et d'un radical carbonyle. Tout récemment, V. Grafe a fait connaître les résultats obtenus dans l'étude chimique de la matière colorante cristallisée et soluble dans l'alcool, précédemment isolée par lui. Cette substance est caractérisée par l'existence, dans sa molécule, de deux oxhydriles dont la position n'a d'ailleurs pu être nettement établie. Le pigment des fleurs d'*Althæa* aurait donc une constitution chimique voisine de celle des pigments isolés, par Griffiths, de la Verveine, par Molisch, du *Pelargonium zonale* et d'un *Rosa*, par A. Gautier, du fruit d'Airelle. Ces différents pigments ont, en effet, pour caractère commun l'existence de deux oxhydriles libres dans leur molécule. La décomposition de la matière colorante d'*Althæa*, opérée par fusion potassique, donne naissance à différents corps parmi lesquels Grafe a pu caractériser l'hydroquinone; la fusion potassique maintenue plus longtemps et à une température plus élevée fournit un produit donnant toutes les réactions de la pyrocatéchine. Ces faits sont à rapprocher de ceux qui ont été déjà signalés par Glan dans l'étude qu'il fit du pigment de la même plante, par Heise et A. Gautier dans leurs recherches sur la matière colorante rouge des baies d'Airelle; comme Grafe, ces auteurs caractérisèrent la pyrocatéchine ou l'acide protocatéchique dans les produits de décomposition de leurs pigments.

---

(1) V. Grafe. — Loc. cit.

La substance soluble dans l'eau, isolée par Grafe, semble bien n'être autre chose que le glucoside de son second pigment caractérisé par sa solubilité dans l'alcool. Ce dernier résulterait simplement de l'hydrolyse du premier, opérée par l'acide sulfurique au cours de la préparation. J'ai indiqué plus haut quelle était l'opinion de Grafe sur la nature des anthocyanes; l'auteur accepte l'hypothèse soutenue par Palladine, Mirande, Buscalioni et Polacci, Miss Wheldale et d'autres physiologistes, d'après laquelle les ferments oxydants joueraient un rôle important dans la formation de ces pigments. Il admet également qu'il existe une relation entre les composés anthocyaniques d'une part, et les substances appartenant au groupe des tannins, à la série xanthique ou à des séries voisines, d'autre part.

L'auteur fait remarquer que les résultats obtenus dans mes précédentes recherches sur la formation de l'anthocyane sont tout à fait en accord avec ceux auxquels l'a conduit son étude chimique. Au cours de son travail, V. Grafe fait d'autre part observer qu'il est difficile d'admettre qu'une anthocyane puisse résulter de la simple oxydation, sous l'influence d'un enzyme, d'un composé xanthique par exemple; pour lui la formation des pigments anthocyaniques participe de synthèses plus compliquées, accompagnées de dédoublements qui s'effectuent au sein des cellules dans lesquelles apparaissent ces pigments. Cette manière de voir confirme l'opinion que j'exposais dans mon précédent Mémoire et d'après laquelle les composés anthocyaniques ne résulteraient pas de modifications subies par des glucosides ou chromogènes préexistants, mais se constitueraient plutôt de toutes pièces lorsque certaines conditions se trouvent réalisées dans les cellules; parmi ces conditions il faut envisager l'accumulation de composés sucrés et l'accélération des processus d'oxydation.

Henri Colin (1) a étudié le rougissement de *Salicornia fruticosa* récoltés dans les marais salés de Nefta (Tunisie). L'auteur a constaté que la formation de l'anthocyane est accompagnée d'une accumulation de chlorures et de composés hydrocarbonés solubles dans le suc cellulaire des organes rougissants : « Si l'on considère l'augmen-
» tation subie, d'une manière absolue, par ces deux groupes de
» substances, au cours du rougissement, on observe que l'accu-
» mulation est légère pour les hydrates de carbone, et plus consi-
» dérable pour les chlorures. Mais si l'on envisage le rapport de
» la quantité de composés hydrocarbonés ou de chlorures contenus
» dans les feuilles rouges à la quantité des mêmes subtances ren-
» fermées dans les feuilles vertes, on voit que ces rapports sont à
» peu près semblables; ce sont : 0,75 pour les hydrocarbones et
» 0,76 pour les chlorures ».

Les résultats obtenus par H. Colin confirment donc ceux auxquels ont abouti les recherches d'Overton, de Palladine et de Molliard, ainsi que ceux auxquels j'ai été conduit dans mes analyses effectuées sur différentes espèces végétales; ils montrent, en outre, que l'accumulation de composés minéraux, tels que les chlorures de sodium et de magnésium, ne s'oppose pas au rougissement.

Enfin, Palladine (2),continuant ses recherches sur les corps auxquels il donne le nom de « chromogènes respiratoires » a mis en évidence récemment des faits nouveaux concernant les dissociations et les combinaisons de ces chromogènes. Ces faits conduisent l'auteur à admettre l'existence de combinaisons auxquelles il donne le nom de *prochromogènes.* Pendant une grande partie de la période végétative, les chromogènes ne prendraient naissance qu'en petites quantités pour satisfaire aux processus d'oxydation, et leur mise en liberté serait réglée par un enzyme susceptible de décomposer les prochromogènes. Au printemps, lorsque les phénomènes physiologiques prennent une grande intensité, les chromogènes seraient alors produits en quantité considérable.

---

(1) H. Colin. — *Sur le rougissement des rameaux de Salicornia fruticosa* (C. R. A. S. Paris, CXLVIII, p. 1531, 7 juin 1909).

(2) Palladin. — *Ueber Prochromogene der pflanzichen Atmungschromogene* (Ber. der deut. Bot. Ges. Bd. XXVII, 1909).

On voit que l'opinion qui est actuellement admise de la manière la plus générale pour expliquer la formation des composés anthocyaniques est celle qui fait intervenir les phénomènes d'oxydation. Cette considération reste toutefois hypothétique, et n'est basée que sur des faits ne se rattachant à la formation de l'anthocyane que d'une manière assez indirecte. Les phénomènes d'oxydation jouent-ils un rôle dans le rougissement ? J'ai pensé qu'on pourrait résoudre cette question en entreprenant des recherches dans les deux voies suivantes :

I. — Etude des échanges gazeux lors de l'apparition et de la disparition de l'anthocyane.

A) Comparaison des quantités d'oxygène fixées par un organe en voie de rougissement à celles qui sont fixées par cet organe dans les conditions normales.

B) Comparaison des quantités d'oxygène fixées par un organe lors de la disparition du pigment rouge à celles qui sont fixées par cet organe dans les conditions normales.

II. — Etude des rapports existant entre l'anthocyane qui prend naissance au cours du rougissement et les corps de composition très voisine qui se forment dans les conditions normales.

C) En isolant les composés qui prennent naissance lorsque les organes vivent normalement et restent verts, et montrant par l'analyse chimique en quoi leur composition diffère de celle des composés anthocyaniques qui se constituent au cours du rougissement.

D) En essayant de transformer, au moyen des ferments extraits de la plante elle-même, le corps de composition voisine de celle de l'anthocyane contenu dans les feuilles vertes, en un composé rouge ayant la même composition que l'anthocyane prenant naissance lorsque ces mêmes feuilles rougissent.

J'ai précisément fait porter mes recherches sur les deux premiers points que je viens de mentionner ; ce sont les résultats auxquels elles m'ont conduit que je vais exposer, me réservant de faire connaître, dans un prochain travail, ceux que j'ai obtenus relativement aux deux autres ordres de recherches.

II. — TECHNIQUE

La technique suivie a été la suivante : l'étude des échanges gazeux diurnes et nocturnes a été faite dans des feuilles appartenant à des espèces végétales différentes, et comparativement sur des organes verts et sur des organes chez lesquels l'anthocyane était en train de se former ou de disparaître sous l'influence de conditions extérieures diverses.

Les feuilles étudiées provenaient des espèces suivantes :

Ampelopsis hederacea (rougissement provoqué par un éclairement intense), *Rumex crispus* et *Œnothera Lamarckiana* (rougissement consécutif à l'attaque de parasites), *Spiræa prunifolia* et *Mahonia aquifolium* (rougissement provoqué par la décortication annulaire des rameaux), *Rubus fruticosus* (rougissement automnal déterminé par l'abaissement de la température). Enfin, l'analyse des gaz absorbés et éliminés pendant le jour et pendant la nuit a été également faite chez des feuilles d'*Ailantus glandulosa*; on sait que les jeunes feuilles de cette plante sont fortement colorées en rouge lorsqu'elles sortent du bourgeon au printemps, surtout lorsque des froids sont survenus pendant l'épanouissement. A mesure que les feuilles grandissent, le pigment rouge disparaît peu à peu et bientôt les limbes apparaissent avec une coloration verte uniforme. L'étude des échanges gazeux a porté comparativement sur des feuilles d'*Ailantus* chez lesquelles le pigment anthocyanique était en voie de disparition mais qui se trouvaient encore très fortement colorées en rouge et sur des feuilles un peu plus âgées, uniformément vertes, dans lesquelles l'anthocyane avait totalement disparu.

Les feuilles ont toujours été cueillies au même moment de la journée, à dix heures du matin ; l'étude des échanges gazeux comprenait deux parties : étude des échanges gazeux diurnes et étude des échanges gazeux nocturnes. Les récoltes n'ont jamais été faites que par des journées très éclairées, de manière que les conditions d'éclairement et de température restent les mêmes pendant les recherches qui devaient être faites comparativement sur les deux séries d'organes. Pour effectuer la première partie de ces recherches, on s'est servi d'éprouvettes plates, préalablement jaugées. Chaque feuille était placée dans une de ces éprouvettes que l'on remplissait ensuite de mercure. A l'aide d'un appareil à prises de gaz, on faisait passer dans l'éprouvette un volume déterminé d'un mélange d'air et de gaz carbonique préparé au préalable sous une cloche et renfermant 10 p. 100 d'anhydride carbonique; une goutte d'eau distillée était ensuite introduite dans l'éprouvette de manière à recouvrir la surface libre du mercure et à empêcher le dégagement des vapeurs de ce métal qui sont toxiques pour les feuilles. Les éprouvettes ainsi préparées étaient alors exposées pendant quatre heures à une bonne lumière diffuse qui était identique dans toutes les expériences. En analysant un échantillon du gaz initial ayant servi à remplir toutes les éprouvettes et un échantillon du gaz prélevé dans chaque éprouvette à la fin de l'expérience, il était facile de déterminer la nature et l'intensité des échanges gazeux qui avaient eu lieu pendant la durée de l'expérience. L'analyse des gaz a été faite à l'aide de l'appareil de Bonnier et Mangin, les résultats obtenus ont permis d'établir les quantités d'anhydride carbonique absorbé et d'oxygène dégagé par les feuilles étudiées; on a tenu compte, dans l'évaluation des résultats, du volume du gaz qui avait été employé, du temps pendant lequel avaient duré les expériences et enfin, de la surface, du poids frais et du poids sec de chaque organe.

Pour l'étude des échanges respiratoires, les feuilles étaient placées dans des éprouvettes plates, préalablement jaugées et remplies de mercure, dans lesquelles on introduisait ensuite un volume déterminé d'air ordinaire; une goutte d'eau était également ajoutée pour recouvrir la surface du mercure, et les éprouvettes ainsi préparées étaient abandonnées dans une chambre noire pendant quatre heures. L'analyse du gaz initial ayant servi à remplir toutes les éprouvettes et celle des gaz prélevés dans chacune de ces dernières. à la fin de l'expérience, permettaient d'établir quelles avaient été les quantités d'oxygène absorbé et de gaz carbonique dégagé par chacune des feuilles pendant un temps connu. Les résultats ont encore été rapportés ici, pour chaque organe, à la surface, au poids frais et au poids sec.

La détermination des échanges gazeux qui s'effectuent à la lumière et de ceux qui ont lieu à l'obscurité a permis d'établir quelle était la part qui revenait à l'assimilation dans ces échanges. Dans l'exposé des résultats, j'indiquerai donc quelles ont été, pendant une heure, la nature et l'intensité des échanges gazeux diurnes, des échanges gazeux nocturnes et de l'assimilation; ces différents résultats seront rapportés à une surface d'un centimètre carré, au gramme de substance fraîche, et au gramme de substance sèche.

La surface foliaire a été déterminée par une méthode déjà employée par Louis Gautier dans des recherches de ce genre; on prend l'empreinte de chaque feuille à l'aide de papier photographique, parfaitement homogène, puis en suivant les bords de l'empreinte on découpe dans le papier une surface qui est exactement semblable à celle de la feuille. La détermination du poids sec du papier découpé et celle du poids sec d'un centimètre carré du même papier permettent de trouver par un simple calcul quelle est la surface de la feuille étudiée. Le poids frais était obtenu par une simple pesée de la feuille fraîche. Enfin, la détermination de la substance sèche était opérée en pesant la feuille préalablement maintenue pendant 36 heures dans un flacon à tare placé dans une étuve à la température de 105°. J'ai réuni dans le tableau ci-dessous les valeurs des quantités de substance fraîche et de substance sèche rapportées pour chaque feuille à 1 centimètre carré de surface; ces indications seront utiles pour l'exposé des résultats.

NOMS DES PLANTES	COULEUR DES FEUILLES	POIDS de substance fraiche par cm² de surface	POIDS de substance sèche par cm² de surface
Ampelopsis hederacea .	Feuilles rouges .	0,0229	0,0060
» »	Feuilles vertes .	0,0226	0,0067
Ailantus glandulosa . .	Feuilles rouges .	0,0170	0,0038
» » . .	Feuilles vertes .	0,0091	0,0018
Rubus fruticosus. . . .	Feuilles rouges .	0,0223	0,0071
» » . . .	Feuilles vertes .	0,0218	0,0092
Rumex crispus	Feuilles rouges .	0,0300	0,0040
» »	Feuilles vertes .	0,0242	0,0027
Œnothera Lamarckiana	Feuilles rouges .	0,0268	0,0042
» »	Feuilles vertes .	0,0267	0,0046
Spiræa prunifolia . . .	Feuilles rouges .	0,0163	0,0097
» » . . .	Feuilles vertes .	0,0141	0,0064
Mahonia aquifolium . .	Feuilles rouges .	0,0221	0,0099
» » . .	Feuilles vertes .	0,0216	0,0083

Pour calculer la proportion, en centièmes, des gaz absorbés ou dégagés, il a été tenu compte de la variation survenue dans le volume des gaz pendant l'expérience; on a donc rapporté les quantités d'anhydride carbonique et d'oxygène à une proportion d'azote égale à la proportion finale.

III. — EXPOSÉ DES RÉSULTATS

A) ETUDE DES ÉCHANGES GAZEUX PENDANT LA FORMATION DE L'ANTHOCYANE.

J'ai été amené, dans ces recherches, à étudier les échanges gazeux dans les feuilles, d'une part, pendant la formation des pigments anthocyaniques, d'autre part, pendant leur disparition. Dans les quatre premiers cas de rougissement dont il est précédemment question, l'anthocyane s'accumule de plus en plus dans les tissus jusqu'à la mort des organes; les feuilles ont été récoltées lorsqu'elles étaient bien vivantes; les pigments rouges y étaient par conséquent encore en voie de formation. Des feuilles témoins, restées sur la plante, ont d'ailleurs montré que le rougissement avait continué après la récolte des organes destinés aux expériences.

I. — *La production de l'anthocyane est provoquée par un éclairement intense* (Ampelopsis hederacea).

Les feuilles sur lesquelles ont porté les expériences ont été récoltées sur un pied d'*Ampelopsis hederacea* dont certaines branches se dressaient contre un mur exposé au sud-est et recevaient la lumière solaire directe, tandis que d'autres se trouvaient soumises à un éclairement moins intense. Les rameaux très éclairés portaient des feuilles fortement colorées en rouge, tandis que ceux qui étaient protégés contre la lumière directe ne présentaient que des feuilles vertes. Les organes rouges et verts ont été récoltés le même jour et à la même heure; les expériences comparatives ont été faites en même temps dans les deux sortes d'organes; elles ont eu lieu dans les mêmes conditions d'éclairement, de température, d'état hygrométrique, et de temps.

Le tableau ci-contre résume les résultats obtenus et rapportés : 1° à 1 centimètre carré de surface; 2° à 1 gramme de substance fraîche; 3° à 1 gramme de substance sèche. Les quantités de gaz

PRODUCTION D'ANTHOCYANE SOUS L'INFLUENCE DE L'ÉCLAIREMENT	AMPELOPSIS HEDERACEA	
	FEUILLES VERTES	FEUILLES ROUGES
Echanges gazeux rapportés à 1 heure et à 1 cm^2 de surface.		
Echanges gazeux diurnes	CO^2 absorbé 0,0320	CO^2 dégagé 0,00035
» »	O dégagé 0,0340	O absorbé 0,00057
Echanges gazeux nocturnes. (Respiration)	CO^2 dégagé 0.0069	CO^2 dégagé 0,00360
» » »	O absorbé 0,0044	O absorbe 0,00232
Assimilation	CO^2 absorbé 0.0390	CO^2 absorbé 0.00324
»	O dégagé 0,0380	O dégagé 0,00174
Oxygène fixé (+) ou perdu (—) pendant le jour	**— 0,0020**	**+ 0,00022**
Oxygène fixé (+) ou perdu (—) pendant la nuit	**— 0,0025**	**— 0,00128**
Oxygène fixé (+) ou perdu (—) pendant 1 heure, comprenant 1/2 heure de jour et 1/2 heure de nuit	**— 0,00225**	**— 0,00053**
Echanges gazeux rapportés à 1 heure et à 1 gr. de substance fraiche.		
Echanges gazeux diurnes	CO^2 absorbé 1,410	CO^2 dégagé 0,0153
» »	O degagé 1,498	O absorbé 0,0250
Echanges gazeux nocturnes. (Respiration)	CO^2 dégagé 0.304	CO^2 dégagé 0.1567
» » »	O absorbé 0,195	O absorbé 0,1009
Assimilation	CO^2 absorbé 1,714	CO^2 absorbé 0,1413
»	O dégagé 1,695	O dégagé 0,0759
Oxygène fixé (+) ou perdu (—) pendant le jour.	**— 0,088**	**+ 0,0097**
Oxygène fixé (+) ou perdu (—) pendant la nuit.	**— 0,109**	**— 0,0558**
Oxygène fixé (+) ou perdu (—) pendant 1 heure, comprenant 1/2 heure de jour et 1/2 heure de nuit	**— 0,0985**	**— 0,0230**
Echanges gazeux rapportés à 1 heure et à 1 gr. de substance sèche		
Echanges gazeux diurnes	CO^2 absorbé 4,717	CO^2 dégage 0,0581
» »	O dégagé 5,013	O absorbé 0,0945
Echanges gazeux nocturnes. (Respiration)	CO^2 dégagé 1,017	CO^2 degagé 0,5927
» » »	O absorbé 0,655	O absorbe 0,3818
Assimilation	CO^2 absorbé 5,734	CO^2 absorbe 0,5345
»	O dégagé 5,669	O dégagé 0,2872
Oxygène fixé (+) ou perdu (—) pendant le jour.	**— 0,296**	**+ 0,0364**
Oxygène fixé (+) ou perdu (—) pendant la nuit.	**— 0,362**	**— 0,2109**
Oxygène fixé (+) ou perdu (—) pendant 1 heure, comprenant 1/2 heure de jour et 1/2 heure de nuit	**— 0,329**	**— 0,0872**
Rapport de CO^2 dégagé à O absorbé (Respiration)	$\frac{CO^2}{O^2} = 1,55$	$\frac{CO^2}{O^2} = 1,55$
Rapport de CO^2 absorbé à O dégagé (Assimilation)	$\frac{CO^2}{O^2} = 1,01$	$\frac{CO^2}{O^2} = 1,86$

absorbées et dégagées par les feuilles, pendant le jour et pendant la nuit, ont été connues par les expériences faites à la lumière et à l'obscurité. Les quantités de gaz absorbées et dégagées dans le phénomène d'assimilation ont été calculées d'après les résultats précédents. Enfin, les quantités d'oxygène que perdent ou gagnent les tissus ont également été calculées d'après l'ensemble des résultats qui précèdent, elles sont figurées en caractères gras.

L'examen du tableau ci-devant permet de formuler les conclusions suivantes :

1° L'intensité des échanges respiratoires est plus faible chez les feuilles rouges que chez les feuilles vertes.

2° L'énergie assimilatrice est également beaucoup moindre dans les organes rouges; elle y est tellement faible que pendant le jour l'anhydride carbonique produit dans la respiration n'est même pas absorbé en totalité et que l'on constate à la lumière le dégagement d'une petite quantité de ce gaz.

3° Le rapport de l'anhydride carbonique dégagé à l'oxygène absorbé dans la respiration est le même chez les feuilles rouges et chez les feuilles vertes.

4° Le rapport de l'anhydride carbonique absorbé à l'oxygène dégagé dans l'assimilation est plus élevé chez les feuilles rouges que chez les feuilles vertes.

5° Les échanges gazeux diurnes aboutissent à une fixation d'oxygène chez les feuilles rouges et à une perte de ce même gaz chez les feuilles vertes.

6° Le résultat des échanges gazeux qui s'effectuent pendant la nuit est une perte d'oxygène dans les deux sortes de feuilles, mais la respiration étant moins active chez les organes rouges, la quantité d'oxygène perdu par eux est moindre que celle qui est perdue par les organes verts.

7° Enfin, si l'on considère que la plante est éclairée pendant un temps égal à celui pendant lequel elle est plongée dans l'obscurité, on voit que l'ensemble des échanges gazeux aboutit à une perte d'oxygène qui est quatre fois moins grande chez les feuilles rouges que chez les feuilles vertes.

2°. — *La production de l'anthocyane est consécutive à l'attaque de parasites* (Rumex crispus et Œnothera Lamarckiana).

Les feuilles de *Rumex crispus*, sur lesquelles ont été étudiés les échanges gazeux, étaient des feuilles vertes normales et des feuilles présentant de place en place des taches circulaires colorées en rouge par de l'anthocyane et au centre desquelles se trouvait une région plus sombre correspondant au point attaqué par le parasite.

Je dois à la bienveillance de M. E. Griffon, directeur de la Station de Pathologie végétale, la détermination des parasites qui avaient attaqué les feuilles de *Rumex crispus* et d'*Œnothera Lamarckiana* sur lesquelles ont porté mes recherches; les régions sombres entourées d'auréoles rouges, observées chez les premières, étaient dues à la présence de l'*Ovularia obliqua* (Cooke), appelé *Ovularia obovata* par Saccardo. Quant aux feuilles d'*Œnothera Lamarckiana*, elles présentaient de très nombreuses taches dues à la présence du *Septoria Œnotheræ* West.

Les taches rouges observées sur les feuilles du *Rumex crispus* s'étaient certainement développées à la suite de l'attaque de l'*Ovularia obliqua*, car elles étaient nettement limitées aux régions envahies par ce champignon, autour desquelles elles formaient des auréoles de faible diamètre.

Pour les feuilles d'*Œnothera*, l'origine du pigment rouge est moins bien établie. J'ai observé que toutes les feuilles teintées de rouge présentaient de nombreuses taches sombres dénotant la présence du *Septoria*; j'ai, d'autre part, constaté, dans l'herbier de la Station de Pathologie végétale, que tous les échantillons de feuilles d'*Œnothera* attaquées par le *Septoria* étaient colorés en rouge par de l'anthocyane, mais je ne puis assurer actuellement que la formation du pigment ait été provoquée par l'attaque du parasite; il se pourrait que le champignon se fût développé de préférence sur les feuilles déjà malades et que le pigment rouge eût précédé l'arrivée du parasite.

Avant de soumettre aux expériences les feuilles attaquées de *Rumex* et d'*Œnothera*, les régions atteintes par les parasites ont été détachées avec soin de manière à ce que les échanges gazeux propres aux parasites ne soient pas comptés dans l'évaluation de ceux de la feuille elle-même. De petites rondelles de limbe correspondant

PRODUCTION D'ANTHOCYANE DÉTERMINÉE PAR L'ATTAQUE DE PARASITES	RUMEX CRISPUS		ŒNOTHERA LAMARCKIANA	
	FEUILLES VERTES	FEUILLES ROUGES	FEUILLES VERTES	FEUILLES ROUGES
Echanges gazeux rapportés à 1 heure et à 1 cm² de surface.				
Echanges gazeux diurnes	CO^2 abs. 0,0272	CO^2 abs. 0,0032	CO^2 abs. 0,02284	CO^2 abs. 0,00302
» »	O dég. 0,0328	O dég. 0,0046	O dég. 0,02136	O dég. 0,00110
Echanges gazeux nocturnes. (Respiration) . . .	CO^2 dég. 0.0089	CO^2 dég. 0 0155	CO^2 dég. 0,00176	CO^2 dég. 0,00415
» » » . . .	O abs. 0,0100	O abs. 0,0177	O abs. 0,00178	O abs. 0,00431
Assimilation.	CO^2 abs. 0.0361	CO^2 abs. 0,0187	CO^2 abs. 0,02461	CO^2 abs. 0,00718
»	O dég. 0,0429	O dég. 0.0223	O dég. 0,02314	O dég. 0,00542
Oxygène fixé (+) ou perdu (—) pendant le jour.	**— 0.0056**	**— 0,0014**	**+ 0,00148**	**+ 0,00192**
Oxygène fixé (+) ou perdu (—) pendant la nuit.	**+ 0,0011**	**+ 0,0022**	**+ 0,00002**	**+ 0,00016**
Oxygène fixé (+) ou perdu (—) pendant 1 heure, comprenant 1/2 heure de jour et 1/2 h. de nuit.	**— 0.0022**	**+ 0,0004**	**+ 0,00075**	**+ 0,00104**
Echanges gazeux rapportes à 1 h. et à 1 gr. de substance fraîche.				
Echanges gazeux diurnes	CO^2 abs. 1,1246	CO^2 abs. 0,1069	CO^2 abs. 0,8542	CO^2 abs. 0,1129
» »	O dég. 1,3587	O dég. 0,1544	O dég. 0,7986	O dég. 0,0413
Echanges gazeux nocturnes. (Respiration) . .	CO^2 dég. 0,3688	CO^2 dég. 0,5168	CO^2 dég. 0,0660	CO^2 dég. 0,1549
» » » . . .	O abs. 0,4160	O abs. 0,5900	O abs. 0,0666	O abs. 0,1608
Assimilation.	CO^2 abs. 1,4934	CO^2 abs. 0.6237	CO^2 abs. 0,9202	CO^2 abs. 0,2678
»	O dég. 1.7748	O dég. 0.7445	O dég. 0,8653	O dég. 0,2022
Oxygène fixé (+) ou perdu (—) pendant le jour.	**— 0,2341**	**— 0,0475**	**+ 0,0556**	**+ 0,0716**
Oxygène fixé (+) ou perdu (—) pendant la nuit.	**+ 0,0472**	**+ 0,0732**	**+ 0,0006**	**+ 0,0059**
Oxygène fixé (+) ou perdu (—) pendant 1 heure, comprenant 1/2 heure de jour et 1/2 h. de nuit.	**— 0,0934**	**+ 0,0128**	**+ 0,0281**	**+ 0,0387**
Echanges gazeux rapportes à 1 h. et 1 gr. de substance sèche.				
Echanges gazeux diurnes	CO^2 abs. 9,7343	CO^2 abs. 0,8000	CO^2 abs. 4,9320	CO^2 abs. 0,7116
» »	O dég. 11,7565	O dég. 1,1555	O dég. 4,6113	O dég. 0,2604
Echanges gazeux nocturnes. (Respiration) . .	CO^2 dég. 3,1913	CO^2 dég. 3,8666	CO^2 dég. 0,3811	CO^2 dég. 0,9767
» » » . . .	O abs. 3.6000	O abs. 4,4148	O abs, 0,3849	O abs. 1,0139
Assimilation.	CO^2 abs. 12,9217	CO^2 abs. 4,6666	CO^2 abs. 5,3132	CO^2 abs. 1,6880
»	O dég. 15.3565	O dég. 5,5703	O dég. 4.9962	O dég. 1,2744
Oxygène fixé (+) ou perdu (—) pendant le jour.	**— 2,0222**	**— 0.3555**	**+ 0,3207**	**+ 0,4512**
Oxygène fixé (+) ou perdu (—) pendant la nuit.	**+ 0,4087**	**+ 0,5482**	**+ 0,0038**	**+ 0.0372**
Oxygène fixé (+) ou perdu (—) pendant 1 heure, comprenant 1/2 heure de jour et 1/2 h. de nuit.	**— 0,8067**	**+ 0,0963**	**+ 0,1622**	**+ 0,2442**
Rapport de CO^2 dégagé à O absorbé (Respiration) . .	$\frac{CO^2}{O^2} = 0,88$	$\frac{CO^2}{O^2} = 0,87$	$\frac{CO^2}{O^2} = 0,99$	$\frac{CO^2}{O^2} = 0,96$
Rapport de CO^2 absorbé à O dégagé (Assimilation). .	$\frac{CO^2}{O^2} = 0,84$	$\frac{CO^2}{O^2} = 0,83$	$\frac{CO^2}{O^2} = 1,06$	$\frac{CO^2}{O^2} = 1,32$

aux points attaqués étaient donc enlevées dans les feuilles d'*Œnothera* et dans celles de *Rumex*; la totalité du limbe restant dans les feuilles d'*Œnothera*, était colorée en rouge; dans les feuilles de *Rumex*, il restait seulement autour de chaque vide circulaire une étroite auréole rouge. De petites rondelles de grandeurs respectivement semblables étaient également enlevées dans les feuilles témoins, en même nombre que dans les organes attaqués, de manière que les troubles déterminés dans les échanges gazeux par ces traumatismes fussent équilibrés dans les organes attaqués et dans les témoins.

Les feuilles rouges et vertes ont été récoltées le même jour à la même heure, et sur les mêmes plantes; les expériences comparatives ont été faites en même temps sur les deux sortes d'organes; elles ont eu lieu dans les mêmes conditions d'éclairement, de température, d'état hygrométrique, et de temps. Le tableau ci-dessus indique les résultats obtenus dans l'étude des échanges gazeux des feuilles vertes normales et des feuilles rouges parasitées de ces deux plantes.

1° L'intensité des échanges respiratoires est légèrement plus forte dans les feuilles rouges du *Rumex crispus* que dans les feuilles vertes de la même plante. Au contraire, pour l'*Œnothera Lamarckiana*, les feuilles vertes absorbent trois fois plus d'oxygène que les feuilles rouges. Parmi les plantes sur lesquelles ont porté mes recherches, le *Rumex*, ainsi que l'*Ailantus glandulosa*, dont je parlerai plus loin, sont les seules dont les feuilles rouges respirent plus activement que les feuilles vertes.

2° L'énergie assimilatrice est beaucoup plus faible dans les feuilles rouges parasitées que dans les feuilles vertes normales, aussi bien chez le *Rumex* que chez l'*Œnothera*.

3° Le rapport de l'anhydride carbonique dégagé à l'oxygène absorbé dans la respiration est à peu près le même dans les feuilles rouges et dans les feuilles vertes des deux plantes étudiées.

4° Le rapport de l'anhydride carbonique absorbé à l'oxygène dégagé dans l'assimilation est aussi à peu près le même dans les feuilles rouges et dans les feuilles vertes du *Rumex crispus*. Chez l'*Œnothera*, ce rapport est plus grand pour les organes rouges que pour les organes verts.

5° Les échanges gazeux diurnes aboutissent à une perte d'oxygène pour les feuilles rouges et pour les feuilles vertes de *Rumex*, mais cette perte d'oxygène est plus faible chez les premières que chez les secondes. On observe, pour l'*Œnothera*, une fixation d'oxygène dans les deux sortes de feuilles, mais la fixation est plus importante dans les organes rouges que dans les organes verts.

6° Le résultat des échanges gazeux qui ont lieu pendant la nuit dans les feuilles de *Rumex* aussi bien que dans celles de l'*Œnothera* est une fixation d'oxygène, et la quantité de gaz fixé est plus grande chez les organes rouges que chez les organes verts d'une même plante.

7° Enfin si l'on considère que la plante est éclairée pendant un temps égal à celui pendant lequel elle est plongée dans l'obscurité, on voit que l'ensemble des échanges gazeux aboutit, pour le *Rumex crispus*, à une fixation d'oxygène dans les feuilles rouges et à une perte de ce même gaz dans les feuilles vertes. Pour l'*Œnothera Lamarckiana* il y a fixation d'oxygène dans les organes rouges ainsi que dans les organes verts, mais la quantité de gaz fixé est plus grande dans les premiers que dans les seconds.

III. — *La production de l'anthocyane est provoquée par la décortication annulaire des rameaux* (Spiræa prunifolia et Mahonia aquifolium).

Des décortications annulaires ont été pratiquées, le 19 juillet, sur de jeunes rameaux de *Spiræa prunifolia* et de *Mahonia aquifolium*; à la fin du mois d'août les feuilles insérées sur ces rameaux, au-dessus des points décortiqués, étaient déjà très riches en pigment rouge; à la fin du mois de septembre la surface supérieure de ces organes était uniformément colorée par des pigments anthocyaniques et présentait une teinte rouge très vive. Les feuilles rouges ont été récoltées sur les rameaux décortiqués de *Spiræa* et de *Mahonia*, le même jour (29 septembre) et à la même heure que des feuilles vertes insérées sur des rameaux normaux appartenant aux mêmes pieds. L'étude comparative des échanges gazeux a été faite en même temps dans les deux sortes d'organes; elle a eu lieu dans les mêmes conditions d'éclairement, de température, d'état hygrométique et de temps.

PRODUCTION D'ANTHOCYANE DÉTERMINÉE PAR DES DÉCORTICATIONS ANNUELLES	*SPIRÆA PRUNIFOLIA*		MAHONIA AQUIFOLIUM	
	FEUILLES VERTES	FEUILLES ROUGES	FEUILLES VERTES	FEUILLES ROUGES
Echanges gazeux rapportés à 1 heure et à 1 cm^2 de surface.				
Echanges gazeux diurnes	CO^2 abs. 0,0268	CO^2 dég. 0,00118	CO^2 abs. 0,0259	CO^2 abs. 0,0160
» »	O dég. 0,0307	O abs. 0,00298	O dég. 0,0265	O dég. 0,0140
Echanges gazeux nocturnes. (Respiration)	CO^2 dég. 0,00921	CO^2 dég. 0,00638	CO^2 deg. 0,0038	CO^2 dég. 0,0017
» » »	O abs. 0,00891	O abs. 0,00722	O abs. 0,0019	O abs. 0,0013
Assimilation	CO^2 abs. 0,03601	CO^2 abs. 0,00520	CO^2 abs 0,0297	CO^2 abs. 0,0177
»	O dég. 0,03961	O dég. 0,00423	O dég. 0,0285	O dég. 0,0153
Oxygène fixé (+) ou perdu (—) pendant le jour.	**— 0,0039**	**+ 0,00180**	**— 0,0006**	**+ 0,0020**
Oxygène fixé (+) ou perdu (—) pendant la nuit.	**— 0,0003**	**+ 0,00084**	**— 0,0019**	**— 0,0004**
Oxygène fixé (+) ou perdu (—) pendant 1 heure, comprenant 1/2 heure de jour et 1/2 h. de nuit.	**— 0,0021**	**+ 0,00132**	**— 0,0012**	**+ 0,0008**
Echanges gazeux rapportés à 1 h. et à 1 gr. de substance fraîche.				
Echanges gazeux diurnes	CO^2 abs. 1,8969	CO^2 dég. 0,0723	CO^2 abs. 1,1963	CO^2 abs. 0,7223
» »	O dég. 2,1696	O abs. 0,1829	O dég. 1,2281	O dég. 0,6317
Echanges gazeux nocturnes. (Respiration)	CO^2 dég. 0,6503	CO^2 dég. 0,3914	CO^2 dég. 0,1790	CO^2 dég. 0,0776
» » »	O abs. 0,6296	O abs. 0,4425	O abs. 0,0900	O abs. 0,0611
Assimilation	CO^2 abs. 2,5472	CO^2 abs. 0,3191	CO^2 abs. 1,3754	CO^2 abs. 0,8000
»	O dég. 2,7992	O dég. 0,2595	O dég. 1,3181	O dég. 0,6929
Oxygène fixé (+) ou perdu (—) pendant le jour.	**— 0,2727**	**+ 0,1106**	**— 0,0318**	**+ 0,0906**
Oxygène fixé (+) ou perdu (—) pendant la nuit.	**— 0,0207**	**+ 0,0511**	**— 0,0890**	**— 0,0165**
Oxygène fixé (+) ou perdu (—) pendant 1 heure, comprenant 1/2 heure de jour et 1/2 h. de nuit.	**— 0,1467**	**+ 0,0808**	**— 0,0604**	**+ 0,0370**
Echanges gazeux rapportés à 1 h. et à 1 gr. de substance sèche.				
Echanges gazeux diurnes	CO^2 abs. 4,1733	CO^2 dég. 0,1214	CO^2 abs. 3,0964	CO^2 abs. 1,6157
» »	O dég. 4,7733	O abs. 0,3071	O dég. 3,1788	O dég. 1,4131
Echanges gazeux nocturnes. (Respiration)	CO^2 dég. 1,4306	CO^2 dég. 0,6571	CO^2 dég. 0,4635	CO^2 dég. 0,1736
» » »	O abs. 1,3893	O abs. 0,7428	O abs. 0,2329	O abs. 0,1368
Assimilation	CO^2 abs. 5,6039	CO^2 abs. 0,5357	CO^2 abs. 3,5600	CO^2 abs. 1,7894
»	O dég. 6,1586	O dég. 0,4357	O dég. 3,4117	O dég. 1,5500
Oxygène fixé (+) ou perdu (—) pendant le jour	**— 0,6000**	**+ 0,1857**	**— 0,0824**	**+ 0,2026**
Oxygène fixé (+) ou perdu (—) pendant la nuit.	**— 0,0453**	**+ 0,0857**	**— 0,2306**	**— 0,0368**
Oxygène fixé (+) ou perdu (—) pendant 1 heure, comprenant 1/2 heure de jour et 1/2 h. de nuit.	**— 0,3226**	**+ 0,1357**	**— 0,1565**	**+ 0,0829**
Rapport de CO^2 dégagé à O absorbé (Respiration)	$\frac{CO^2}{O^2} = 1,03$	$\frac{CO^2}{O^2} = 0,88$	$\frac{CO^2}{O^2} = 1,98$	$\frac{CO^2}{O^2} = 1,26$
Rapport de CO^2 absorbé à O dégagé (Assimilation)	$\frac{CO^2}{O^2} = 0,90$	$\frac{CO^2}{O^2} = 1,23$	$\frac{CO^2}{O^2} = 1,04$	$\frac{CO^2}{O^2} = 1,15$

Le tableau ci-devant résume les résultats obtenus :

1° Pour le *Spiræa prunifolia*, comme pour le *Mahonia aquifolium*, l'intensité des échanges respiratoires est plus faible chez les feuilles rouges que chez les feuilles vertes.

2° Pour les deux espèces étudiées, l'énergie assimilatrice est également moindre dans les organes rouges. Chez les feuilles rouges de *Spiræa* notamment, l'assimilation est extrêmement faible; pendant le jour, l'anhydride carbonique dégagé dans le phénomène respiratoire n'est même pas assimilé en totalité et la feuille rouge dégage donc du gaz carbonique à la lumière.

3° Chez le *Spiræa* et chez le *Mahonia* le rapport de l'anhydride carbonique dégagé à l'oxygène absorbé dans la respiration, est beaucoup moins élevé chez les feuilles rouges que chez les feuilles vertes.

4° Au contraire, le rapport de l'anhydride carbonique absorbé à l'oxygène dégagé dans l'assimilation est notablement plus élevé chez les feuilles rouges que chez les feuilles vertes.

5° Les échanges gazeux diurnes aboutissent, chez le *Spiræa* et chez le *Mahonia*, à une fixation d'oxygène dans les feuilles rouges, tandis qu'il y a, au contraire, perte de ce même gaz dans les feuilles vertes.

6° Le résultat des échanges gazeux qui s'effectuent pendant la nuit est, pour le *Spiræa*, une fixation d'oxygène dans les feuilles rouges et une perte de ce même gaz dans les feuilles vertes. Pour le *Mahonia*, il y a perte d'oxygène dans les deux sortes de feuilles, mais la quantité de gaz perdu est cinq fois plus grande dans les organes verts que dans les organes rouges.

7° Enfin, si l'on considère que la plante est éclairée pendant un temps égal à celui pendant lequel elle est plongée dans l'obscurité, on observe que l'ensemble des échanges gazeux aboutit, chez le *Spiræa prunifolia*, comme chez le *Mahonia aquifolium*, à la fixation d'une quantité importante d'oxygène par les organes rouges, tandis qu'il y a au contraire perte de ce même gaz dans les feuilles vertes normales.

IV. — Rougissement automnal (Rubus fruticosus).

Les feuilles sur lesquelles ont porté les expériences ont été récoltées, les unes, le 29 septembre, lorsqu'elles étaient encore parfaitement vertes; les autres, le 5 novembre, quand les premières gelées eurent provoqué la formation d'une notable quantité d'anthocyane dans les tissus de leur face supérieure. Les organes rouges et verts ont donc été cueillis à 37 jours de distance; la récolte a eu lieu à la même heure, le 29 septembre et le 5 novembre; l'étude des échanges gazeux a été faite dans les mêmes conditions d'état hygrométrique et de temps. Pour les recherches relatives à l'assimilation, les deux séries d'éprouvettes contenant les feuilles ont été exposées à une lumière diffuse à peu près identique; dans les deux cas elles étaient placées sous une véranda éclairée directement par le soleil; pendant toute la durée des expériences, aussi bien le 29 septembre que le 5 novembre, le ciel resta parfaitement clair et il n'y eut dans l'éclairement, que de faibles différences résultant de la diminution de l'intensité lumineuse des rayons solaires pendant le mois d'octobre. Cette différence ne constitue d'ailleurs pas une erreur d'expérience; il était nécessaire pour se rendre compte des variations qui ont lieu dans l'intensité et la nature des échanges gazeux pendant le rougissement automnal de se placer dans les conditions naturelles et de tenir compte des modifications qui surviennent dans l'éclairement et dans la température au cours de ce rougissement. Les températures moyennes auxquelles furent faites les expériences d'assimilation et de respiration furent, pour les feuilles vertes, le 29 septembre, 14°9 et pour les feuilles rouges, le 5 novembre, 10°.

Le tableau ci-après résume les résultats obtenus dans cette partie des recherches.

1° L'intensité des échanges respiratoires est plus faible chez les feuilles rouges que chez les feuilles vertes.

2° L'énergie assimilatrice est également beaucoup moindre dans les organes rouges.

3° Le rapport de l'anhydride carbonique dégagé à l'oxygène absorbé dans la respiration est le même chez les feuilles rouges et chez les feuilles vertes.

PRODUCTION D'ANTHOCYANE SOUS L'INFLUENCE DES BASSES TEMPÉRATURES	RUBUS FRUTICOSUS	
	FEUILLES VERTES	FEUILLES ROUGES
Echanges gazeux rapportés à 1 heure et à 1 cm^2 de surface.		
Echanges gazeux diurnes	CO^2 absorbé 0,02818	CO^2 absorbé 0,00822
» »	O dégagé 0,03142	O dégagé 0,00618
Echanges gazeux nocturnes. (Respiration)	CO^2 dégagé 0,00854	CO^2 dégagé 0,00288
» » »	O absorbé 0,01098	O absorbé 0,00372
Assimilation	CO^2 absorbé 0,03672	CO^2 absorbé 0,01111
»	O dégagé 0,04241	O dégagé 0,00990
Oxygène fixé (+) ou perdu (—) pendant le jour.	**— 0,00324**	**+ 0,00204**
Oxygène fixé (+) ou perdu (—) pendant la nuit.	**+ 0,00244**	**+ 0,00084**
Oxygène fixé (+) ou perdu (—) pendant 1 heure, comprenant 1/2 heure de jour et 1/2 heure de nuit	**— 0,00040**	**+ 0,00144**
Echanges gazeux rapportés à 1 heure et à 1 gr. de substance fraîche.		
Echanges gazeux diurnes	CO^2 absorbé 1,2884	CO^2 absorbé 0,3690
» »	O dégagé 1,4367	O dégagé 0,2774
Echanges gazeux nocturnes. (Respiration)	CO^2 dégagé 0,3904	CO^2 dégagé 0,1291
» » »	O absorbé 0,5020	O absorbé 0,1667
Assimilation	CO^2 absorbé 1,6788	CO^2 absorbé 0,4981
»	O dégagé 1,9387	O dégagé 0,4442
Oxygène fixé (+) ou perdu (—) pendant le jour.	**— 0,1483**	**+ 0,0916**
Oxygène fixé (+) ou perdu (—) pendant la nuit.	**+ 0,1116**	**+ 0,0376**
Oxygène fixé (+) ou perdu (—) pendant 1 heure, comprenant 1/2 heure de jour et 1/2 heure de nuit	**— 0,0183**	**+ 0,0646**
Echanges gazeux rapportés à 1 heure et à 1 gr. de substance sèche.		
Echanges gazeux diurnes	CO^2 absorbé 3,0548	CO^2 absorbé 1,1494
» »	O dégagé 3,4064	O dégagé 0,8643
Echanges gazeux nocturnes. (Respiration)	CO^2 dégagé 0,9258	CO^2 dégagé 0,4023
» » »	O absorbé 1,1903	O absorbé 0,5195
Assimilation	CO^2 absorbé 3,9806	CO^2 absorbé 1,5517
»	O dégagé 4,5967	O dégagé 1,3839
Oxygène fixé (+) ou perdu (—) pendant le jour.	**— 0,3516**	**+ 0,2851**
Oxygène fixé (+) ou perdu (—) pendant la nuit.	**+ 0,2645**	**+ 0,1172**
Oxygène fixé (+) ou perdu (—) pendant 1 heure, comprenant 1/2 heure de jour et 1/2 de nuit	**— 0,0435**	**+ 0,2011**
Rapport de CO^2 dégagé à O absorbé (Respiration)	$\frac{CO^2}{O^2} = 0,77$	$\frac{CO^2}{O^2} = 0,77$
Rapport de O absorbé à CO^2 dégagé (Assimilation)	$\frac{CO^2}{O^2} = 0,86$	$\frac{CO^2}{O^2} = 1,12$

4° Le rapport de l'anhydride carbonique absorbé à l'oxygène dégagé dans l'assimilation est plus élevé chez les feuilles rouges que chez les feuilles vertes.

5° Les échanges gazeux diurnes aboutissent à une fixation d'oxygène chez les feuilles rouges, et à une perte de ce même gaz chez les feuilles vertes.

6° Le résultat des échanges gazeux qui ont lieu pendant la nuit est une fixation d'oxygène dans les deux sortes de feuilles, mais la respiration étant moins active chez les organes rouges, la quantité d'oxygène fixé par eux est moindre que celle du même gaz retenu par les organes verts.

7° Malgré cette moindre fixation d'oxygène par les feuilles rouges à l'obscurité, si l'on considère que la plante est éclairée pendant un temps égal à celui pendant lequel elle est plongée dans l'obscurité, on voit que l'ensemble des échanges gazeux aboutit à une fixation d'oxygène par les organes qui rougissent et à une perte de ce même gaz dans les feuilles vertes normales.

B. — ÉTUDE DES ÉCHANGES GAZEUX LORS DE LA DISPARITION DE L'ANTHOCYANE DANS LES FEUILLES JEUNES (*Ailantus glandulosa*).

Les jeunes feuilles d'*Ailantus glandulosa* sont uniformément colorées en rouge lorsqu'elles sortent du bourgeon, au printemps. Plus tard, à mesure qu'elles s'étalent, l'anthocyane disparaît peu à peu pour laisser à la feuille sa coloration verte normale; les feuilles qui verdissent les premières sont celles qui occupent la base de la feuille composée, celles du sommet conservent leur coloration rouge pendant très longtemps. Les feuilles rouges sur lesquelles ont porté les expériences ont été cueillies à l'extrémité d'une feuille composée en voie de verdissement mais n'ayant pas encore perdu la totalité de son pigment anthocyanique. Les feuilles vertes ont été récoltées à l'extrémité d'une feuille composée voisine de la première mais qui s'était épanouie un peu plus tôt et était uniformément verte. Les organes rouges et verts ont été récoltés le même jour et à la même heure; les expériences comparatives ont été faites en même temps dans les deux sortes d'organes, elles ont eu lieu dans les mêmes conditions d'éclairement, de température, d'état hygrométrique et de temps.

Le tableau ci-contre résume les résultats obtenus.

1° L'intensité des échanges respiratoires est plus grande chez les feuilles rouges que chez les feuilles vertes.

2° L'énergie assimilatrice est beaucoup moindre dans les organes rouges que dans les organes verts. A la lumière, la feuille n'arrive même pas à assimiler la totalité de l'anhydride carbonique mis en liberté dans les tissus, et il en résulte, pendant le jour, un dégagement simultané d'anhydride carbonique et d'oxygène.

3° Le rapport de l'anhydride carbonique dégagé à l'oxygène absorbé pendant la respiration est plus grand dans les feuilles rouges que dans les feuilles vertes.

4° Le rapport de l'anhydride carbonique absorbé à l'oxygène dégagé pendant l'assimilation est plus faible dans les organes rouges.

5° Les échanges gazeux diurnes aboutissent à une perte d'oxygène dans les deux sortes d'organes; mais chez les feuilles rouges, la perte en oxygène est beaucoup plus grande que chez les feuilles vertes (1).

6° Le résultat des échanges gazeux nocturnes est une perte

---

(1) Cette partie des conclusions et celles qui suivent ne concernent que les résultats rapportés à la surface foliaire de l'*Ailantus glandulosa*. Il en est tout autrement en effet si l'on ne tient compte que des résultats rapportés à l'unité de poids frais ou de poids sec. Ces différences sont dues à ce que les feuilles rouges sont beaucoup plus riches que les vertes en substances de réserve ainsi que l'on peut s'en rendre compte par l'examen du tableau qui est reproduit au début de ce Mémoire et dans lequel se trouvent indiquées les quantités de substance fraîche et de substance sèche correspondant à un cm^2 de surface; on voit qu'un cm^2 de feuille rouge fraîche ou sèche pèse environ deux fois plus qu'un cm^2 de feuille verte. D'autre part, le rendement en substance sèche d'un même poids de substance fraîche est plus grand pour les organes rouges que pour les organes verts; 100 grammes de feuilles rouges fraîches renferment 22 gr. 38 de matière sèche, tandis que le même poids d'organes verts n'en contient que 20 gr. 45.

Etant donnée la différence de constitution des deux sortes de feuilles, il est évident que les seuls résultats intéressants sont ceux dans lesquels les échanges gazeux sont rapportés à la surface foliaire. Les autres, indiquant les échanges qui s'opèrent pour une surface foliaire qui est deux fois plus grande dans les feuilles vertes que dans les feuilles rouges, rendent compte de ce qui se passe comparativement dans une feuille rouge et dans deux feuilles vertes.

DISPARITION DE L'ANTHOCYANE CHEZ LES JEUNES FEUILLES	AILANTUS GLANDULOSA	
	FEUILLES VERTES	FEUILLES ROUGES
Echanges gazeux rapportés à 1 heure et à 1 cm² de surface.		
Echanges gazeux diurnes	CO^2 absorbé 0,00900	CO^2 dégagé 0,00492
» »	O dégagé 0,01870	O dégagé 0,00720
Echanges gazeux nocturnes. (Respiration)	CO^2 dégagé 0,00320	CO^2 dégagé 0,00786
» » »	O absorbé 0.00320	O absorbé 0,00507
Assimilation	CO^2 absorbé 0,01220	CO^2 absorbé 0,00304
»	O dégagé 0.02190	O dégagé 0,01218
Oxygène fixé (+) ou perdu (—) pendant le jour.	**— 0,00970**	**— 0,01212**
Oxygène fixé (+) ou perdu (—) pendant la nuit.	**0.00000**	**— 0,00279**
Oxygène fixé (+) ou perdu (—) pendant 1 heure, comprenant 1/2 heure de jour et 1/2 heure de nuit	**— 0,00485**	**— 0,00745**
Echanges gazeux rapportés à 1 heure et à 1 gr. de substance fraîche.		
Echanges gazeux diurnes	CO^2 absorbé 0.995	CO^2 dégagé 0,289
» »	O dégagé 2,054	O dégagé 0,423
Echanges gazeux nocturnes. (Respiration)	CO^2 dégagé 0,354	CO^2 dégagé 0,462
» » »	O absorbé 0,354	O absorbé 0,298
Assimilation	CO^2 absorbé 1,350	CO^2 absorbé 0,179
»	O dégagé 2.409	O dégagé 0,716
Oxygène fixé (+) ou perdu (—) pendant le jour.	**— 1,059**	**— 0,712**
Oxygène fixé (+) ou perdu (—) pendant la nuit.	**0,000**	**— 0,164**
Oxygène fixé (+) ou perdu (—) pendant 1 heure, comprenant 1/2 heure de jour et 1/2 heure de nuit	**— 0,529**	**— 0,438**
Echanges gazeux rapportés à 1 heure et à 1 gr. de substance sèche.		
Echanges gazeux diurnes	CO^2 absorbé 4.866	CO^2 dégagé 1.293
» »	O dégagé 10.044	O dégagé 1,893
Echanges gazeux nocturnes. (Respiration)	CO^2 dégagé 1,733	CO^2 dégagé 2,066
» » »	O absorbé 1,733	O absorbé 1,333
Assimilation	CO^2 absorbé 6,600	CO^2 absorbé 0,800
»	O dégagé 11,777	O dégagé 3,200
Oxygène fixé (+) ou perdu (—) pendant le jour.	**— 5,178**	**— 3,186**
Oxygène fixé (+) ou perdu (—) pendant la nuit.	**0,000**	**— 0,733**
Oxygène fixé (+) ou perdu (—) pendant 1 heure, comprenant 1/2 heure de jour et 1/2 heure de nuit	**— 2,589**	**— 1.959**
Rapport de CO^2 dégagé à O absorbé (Respiration)	$\frac{CO^2}{O^2} = 1$	$\frac{CO^2}{O^2} = 1,55$
Rapport de CO^2 absorbé à O dégagé (Assimilation)	$\frac{CO^2}{O^2} = 0,56$	$\frac{CO^2}{O^2} = 0,25$

d'oxygène par les feuilles rouges. Chez les feuilles vertes qui dégagent un volume d'anhydride carbonique égal à celui de l'oxygène qu'elles absorbent, il n'y a ni perte ni gain en oxygène.

7° Enfin, si l'on considère que la plante est éclairée pendant un temps égal à celui pendant lequel elle est plongée dans l'obscurité, on voit que l'ensemble des échanges gazeux aboutit à une perte d'oxygène aussi bien pour les feuilles vertes que pour les feuilles rouges, mais cette perte d'oxygène est une fois et demie plus grande pour les secondes que pour les premières.

De Saussure (1) a observé, en 1804 que les Cactées, plantes dont les tissus sont très riches en acides organiques, dégagent de l'oxygène à la lumière sans absorber d'anhydride carbonique. Mayer (2) a montré plus tard que cet oxygène provient de la décomposition de l'acide malique et que le dégagement a lieu, même quand l'atmosphère est dépourvue d'anhydride carbonique. Ces observations ont fait naître l'hypothèse d'après laquelle les acides organiques sont décomposés par la chlorophylle sous l'influence de la lumière. Mangin (3) a cherché à résoudre expérimentalement cette question en étudiant les échanges gazeux dans des feuilles de Fusain, de Laurier-rose et de Lilas dans lesquelles avaient été injectées des solutions titrées de différents acides. Cet auteur a ainsi observé que la présence de certains acides organiques détermine, à l'obscurité, le dégagement d'un volume d'anhydride carbonique bien supérieur au volume d'oxygène absorbé et, à la lumière, l'émission d'oxygène sans absorption corrélative d'anhydride carbonique; Mangin admet que la chlorophylle réduit, avec l'aide des radiations, l'anhydride carbonique formé dans les tissus des feuilles, aux dépens des acides organiques. D'autre part, dans ses recherches sur les Cactées, Aubert (4) a mis en évidence l'existence d'un dégagement simultané d'oxygène et de gaz carbonique à la lumière lorsque l'activité respiratoire est augmentée par une température élevée (35°) et que l'assimilation est diminuée par un éclairement relativement faible.

---

(1) De Saussure. — *Recherches chimiques sur la végétation*, Paris 1804.

(2) Mayer. — *Ueber die Sauerstoffausscheidung einiger Crassulaceen* Landwirthschaftl. Versuchs-Stationen, t. XXI, p. 277; 1880.)

(3) L. Mangin. — *Sur les modifications apportées dans les échanges gazeux normaux des plantes par la présence des acides organiques* (C. R. A. S. Novembre 1889.).

(4) Aubert. — *Note sur le dégagement simultané d'oxygene et d'acide carbonique chez les Cactées.* (Compt. rend. Acad. Sc. Paris, Mars 1891).

Ces différentes recherches montrent que la décomposition diurne des acides organiques fournit de l'anhydride carbonique qui est réduit par la chlorophylle sous l'influence de la lumière ; il en résulte un dégagement d'oxygène, en même temps que du gaz carbonique, provenant de la respiration, est également mis en liberté.

Les présentes recherches mettent en évidence, chez les plantes dont les pigments rouges disparaissent, l'existence d'un phénomène semblable à celui qui a été observé chez les Cactées et qui a été produit expérimentalement chez d'autres plantes par Mangin. Pendant la disparition des pigments rouges dans les feuilles, on constate, pendant le jour, un dégagement simultané d'O et de CO^2, et pendant la nuit un dégagement de gaz carbonique supérieur à celui de l'O absorbé ; le rapport $\frac{CO^2}{O^2}$ des échanges de l'assimilation est extrêmement faible (0,25). Or, les analyses de pigments anthocyaniques qui ont été faites jusqu'ici ont montré que ces composés sont des corps acides ; mes recherches sur les échanges gazeux des feuilles pendant la disparition des pigments anthocyaniques constituent donc une confirmation des résultats qui ont été obtenus par les différents auteurs qui ont étudié les échanges gazeux chez les plantes riches en composés acides ; elles montrent que le phénomène de dégagement simultané de gaz carbonique et d'oxygène à la lumière n'est pas particulier aux plantes appartenant aux familles des Cactées et des Crassulacées, il est beaucoup plus général et se produit probablement dans toutes les plantes chez lesquelles des composés organiques dont la molécule présente des radicaux acides, s'étant accumulés dans les tissus, disparaissent à un moment donné du développement.

On peut résumer de la manière suivante les résultats obtenus dans les cinq séries d'expériences dont il vient d'être question :

1° Il ne semble pas exister de relation entre la variation d'*intensité* des phénomènes respiratoires dans les feuilles et les modifications qui surviennent dans la pigmentation de ces organes. Nous venons de voir que le rougissement des feuilles de *Rumex crispus* coïncide avec une augmentation d'intensité de la respiration, tandis qu'au contraire, dans tous les autres cas étudiés, la formation des pigments rouges est accompagnée d'une diminution notable de l'activité respiratoire. La formation de l'anthocyane dans les plantes paraît presque toujours correspondre à un état pathologique des organes dans lesquels elle a lieu ; il semble donc logique qu'une diminution dans l'intensité des échanges respiratoires soit observée, dans la plupart des cas, chez des organes qui souffrent par suite d'un éclairement trop vif, d'un envahissement parasitaire, d'un arrêt dans la migration des matériaux nutritifs accompagné d'un ralentissement dans la circulation de la sève brute, ou d'un trop grand abaissement de température.

D'autre part, l'augmentation d'intensité des échanges respiratoires, constatée dans les feuilles d'*Ailantus*, chez lesquelles l'anthocyane est en voie de disparition, est un phénomène que l'on observe dans tous les organes jeunes en voie de croissance et qui correspond à une activité très marquée des phénomènes de nutrition ; il n'est donc pas en rapport direct avec le rougissement.

2º Dans toutes les plantes étudiées, et quelles que soient les causes extérieures qui aient provoqué le rougissement, l'énergie assimilatrice des feuilles rouges est très inférieure à celle des feuilles vertes. En passant des organes verts aux organes rouges, on voit que l'assimilation est une fois et demie moins intense chez le *Mahonia* ; elle s'affaiblit dans la proportion de 1/2 chez le *Rumex*, de 1/3 chez l'*Œnothera* et le *Rubus*, de 1/4 chez l'*Ailantus*, de 1/7 chez le *Spiræa* et de 1/10 chez l'*Ampelopsis*.

Ces résultats confirment ceux qui ont été obtenus par E. Griffon (1) dans ses recherches sur l'assimilation chlorophyllienne. Cet auteur a montré que lorsque l'anthocyane apparaît dans des feuilles qui, normalement, sont vertes (rougissement automnal de la Vigne-vierge, du *Mahonia*, de la Vigne), l'énergie assimilatrice devenait beaucoup plus faible ; Griffon a également mis en évidence que cette diminution dans l'assimilation de l'anhydride carbonique est due à la disparition partielle de la chlorophylle ; phénomène qui accompagne toujours la formation des pigments rouges.

3º La formation et la disparition des pigments anthocyaniques ne sont accompagnées que par des variations très faibles et souvent nulles dans la valeur du rapport respiratoire $\frac{CO^2}{O^2}$. Ce rapport est à peu près le même pour les feuilles rouges et pour les feuilles vertes dans les rougissements provoqués par l'éclairement, par l'attaque de parasites, par l'abaissement de température. Il diminue d'une manière notable pendant la formation de l'anthocyane provoquée par les décortications annulaires; il augmente au contraire pendant la disparition des pigments rouges chez l'*Ailantus.*

---

(1) Ed. Griffon. — *L'assimilation chlorophyllienne et la coloration des plantes.* (Annales des Sciences naturelles, Bot., Ser. 8, Tome X, p. 1 à 124, 1899).

4° Quelles que soient les causes qui provoquent la formation ou la disparition des pigments anthocyaniques, le rapport de l'anhydride carbonique absorbé à l'oxygène dégagé pendant l'assimilation est toujours plus élevé pendant le rougissement que dans les conditions normales; au contraire, au moment où l'anthocyane disparaît on constate que ce rapport subit une diminution notable. C'est là le résultat qui m'a paru le plus intéressant parmi ceux qui ont été obtenus dans ces recherches. Il semble que la formation des pigments anthocyaniques soit intimement liée aux phénomènes d'assimilation. Lorsque les conditions nécessaires à la production de ces pigments sont réunies au sein de la cellule végétale, il semble que ce soit alors à eux qu'aboutissent les phénomènes de synthèse accomplis grâce à la présence du pigment chlorophyllien.

5° L'étude des échanges gazeux diurnes indique que, dans tous les cas de formation d'anthocyane qui m'ont occupé, les phénomènes d'oxydation sont plus actifs que dans les conditions normales. Pendant que les pigments rouges se forment, les feuilles perdent moins d'oxygène, ou bien les feuilles rouges fixent plus d'oxygène que les feuilles vertes, ou bien encore, et c'est là le cas le plus général, les organes rouges fixent de l'oxygène tandis que les verts en perdent. Au contraire, quand les pigments rouges disparaissent, la quantité d'oxygène perdu par les feuilles est beaucoup plus grande que dans les conditions normales.

6° Les feuilles chez lesquelles des pigments rouges se développent sont très peu différentes des feuilles vertes normales au point de vue de la nature des échanges respiratoires. Les faibles différences observées dans les échanges nocturnes sont toutefois dans le même sens que celles qui ont été constatées dans les échanges gazeux diurnes : pendant la formation des pigments anthocyaniques, les processus d'oxydation sont légèrement plus actifs que dans les conditions normales de végétation. Pendant la disparition de l'anthocyane, la quantité d'O perdue par les tissus est au contraire plus grande que lorsque les feuilles vivent normalement.

La conclusion la plus générale qui se dégage de ces recherches est que la formation des pigments rouges dans les tissus des végétaux est toujours accompagnée d'une oxydation plus intense dans ces tissus, ou tout au moins d'un ralentissement dans la perte de l'oxygène, si cette perte se produit dans les feuilles normales des plantes considérées. Ces résultats sont confirmés par le fait suivant : la disparition de l'anthocyane est accompagnée d'une augmentation dans la quantité d'oxygène perdu normalement.

IV. — DISCUSSION DES RÉSULTATS

Il résulte de mes recherches que la formation des pigments rouges est corrélative d'une augmentation d'activité des processus d'oxydation au sein des tissus dans lesquels elle a lieu ; la disparition de ces substances est, au contraire, accompagnée d'une perte d'oxygène. Ces résultats confirment complètement les considérations hypothétiques de Palladine (1), d'après lesquelles la formation des pigments rouges correspondrait toujours à une accélération des phénomènes d'oxydation et à un ralentissement dans les réactions réductrices : ils viennent également à l'appui des résultats obtenus par Molliard (2) dans ses expériences relatives au rôle joué par l'oxygène dans le phénomène du rougissement. Nous avons vu que de nombreux auteurs ont pensé que la formation des composés anthocyaniques était en relation avec des phénomènes d'oxydation ; il faut citer parmi eux, à côté de Palladine et Molliard, Buscalioni et Pollacci, Mirande, Wheldale, Grafe, etc. Dans une note sur l'origine de l'anthocyane, J. Laborde, en parlant de cette manière de voir, fait observer qu'elle est encore tout à fait hypothétique et reste très obscure. Les résultats auxquels je suis arrivé permettent de ne plus considérer cette explication comme hypothétique, et nous laissent voir dans la formation de l'anthocyane l'un des phénomènes qui sont en rapport avec l'augmentation des processus d'oxydation. Mes recherches ne peuvent permettre d'affirmer que l'augmentation des phénomènes d'oxydation porte uniquement sur la formation des pigments anthocyaniques; la composition de certaines autres substances contenues normalement dans la cellule végétale, est peut-être également modifiée par le milieu dont les propriétés oxydantes sont devenues plus énergiques.

---

(1) Palladin. — *Ueber die Bildung der Atmungschromogene in den Pflanzen* (Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft, H. 6, 1908, p. 389.

(2) M. Molliard. — *Production expérimentale de tubercules blancs et de tubercules noirs à partir de graines de radis roses* (Compt. rend. Acad. Sc. Paris, 1909, p. 573).

Je vais maintenant reprendre l'exposé de la manière de voir que j'adoptai dans mon précédent Mémoire relativement à la formation des pigments rouges, en recherchant si des modifications doivent lui être apportées à la suite des travaux qui ont été faits depuis la publication de ce Mémoire. Cette manière de voir, que j'ai rappelée plus haut, peut se résumer de la façon suivante : les pigments anthocyaniques ne paraissent pas se former, pour la plus grande part, aux dépens de glucosides préexistants, mais se constituent plutôt de toutes pièces; la formation des anthocyanes, c'est-à-dire de ces glucosides phénoliques caractérisés par leur vive coloration semble provoquée par l'accumulation de composés sucrés. L'apport actif de sucres augmente l'intensité des échanges gazeux et paraît déterminer l'accélération des processus d'oxydation; la production des glucosides devient plus considérable et les composés élaborés dans ces conditions sont, au moins en partie, des anthocyanes.

Je rappelle que, dans son récent travail sur l'anthocyane, Victor Grafe fait remarquer que la manière dont j'envisage la production de l'anthocyane est tout à fait d'accord avec les résultats de ses recherches chimiques. La première partie de mes conclusions : « Les pigments anthocyaniques ne paraissent pas se former pour » la plus grande part, aux dépens de glucosides préexistants, mais se constituent plutôt de toutes pièces », était basée sur certains faits mis en lumière dans les recherches expérimentales de Palladine et par les résultats de mes analyses. Ces faits sont les suivants : 1° pendant le rougissement, la proportion des chromogènes subit une augmentation notable; l'anthocyane étant comptée dans l'évaluation de la quantité de ces chromogènes, il semble logique d'attribuer cette augmentation à l'apparition même du pigment rouge et de considérer dès lors l'anthocyane, non pas comme dérivant de la modification de chromogènes existant déjà, mais comme se constituant de toutes pièces grâce à la présence de quantités importantes de sucres. 2° La formation de l'anthocyane, composé de nature glucosidique, est corrélative d'une augmentation des glucosides totaux; il semble donc que cette substance rouge ne se forme pas aux dépens de glucosides préexistants, mais qu'elle se constitue plutôt de toutes pièces, l'augmentation constatée dans l'ensemble des glucosides devant être rapportée, au moins en partie, à sa formation. Un troisième fait vient maintenant appuyer les considérations précédentes; les échanges gazeux de l'assimilation sont modifiés lorsque l'anthocyane apparaît dans les feuilles; il est donc permis de penser que ces modifications résultent de la différence existant dans la constitution des produits élaborés pendant la synthèse chlorophyllienne. Dans les conditions normales, parmi ces composés figurent des glucosides non colorés; mais, lorsque les conditions dont j'ai précédemment parlé sont réalisées dans les cellules, ce sont des glucosides plus oxydés et colorés en rouge qui prennent naissance.

« La formation des anthocyanes, c'est-à-dire de ces glucosides » phénoliques, caractérisés par leur vive coloration, semble pro- » voquée par l'accumulation de composés sucrés ». Ce second point est vérifié par les faits suivants : 1° Après Glan, Heise, A. Gautier, Molisch, etc., Victor Grafe vient de montrer une fois de plus, en s'adressant au pigment rouge des fleurs de l'*Althæa rosea*, que les composés anthocyaniques sont des corps de nature glucosidique renfermant dans leur molécule des oxhydriles phénoliques; 2° les recherches expérimentales d'Overton, de Palladine et de Molliard, ont montré la relation étroite existant entre la production de l'anthocyane et la concentration en sucres des milieux de culture dans lesquels se développent les végétaux; 3° les dosages effectués sur différentes plantes pendant la formation des pigments rouges montrent que la production de ces pigments, provoquée par des causes naturelles diverses, est toujours accompagnée de l'accumulation, dans les organes pigmentés, de composés hydrocarbonés solubles.

« L'apport actif de sucres augmente l'intensité des échanges

» gazeux et paraît déterminer l'accélération des processus d'oxy-» dation ». Les recherches exposées dans le présent travail apportent précisément des indications sur ce troisième point. Nous venons de voir que l'intensité des échanges gazeux n'est pas augmentée pendant la production des pigments rouges. La formation de l'anthocyane est au contraire accompagnée, dans tous les cas, d'une diminution dans l'activité des échanges chlorophylliens; le plus souvent aussi, les échanges respiratoires subissent un ralentissement notable. Cette partie de mes précédentes conclusions nécessite donc une rectification : l'apport actif de sucres n'entraîne pas l'augmentation de l'intensité des échanges gazeux mais est au contraire accompagnée du ralentissement de ces échanges. Quant au second point qui nous occupe, il est entièrement confirmé par les présentes recherches : la formation des pigments rouges est toujours corrélative d'une augmentation de l'activité des processus d'oxydation au sein des tissus dans lesquels elle a lieu. D'autre part la disparition de ces composés est accompagnée d'une perte d'oxygène.

« La production des glucosides devient plus considérable et » les composés élaborés dans ces conditions sont, au moins en » partie, des anthocyanes. » Cette dernière partie de mes conclusions générales était basée sur les résultats de mes dosages : dans tous les cas de rougissement étudiés, la production de l'anthocyane, dont la nature glucosidique vient d'être confirmée par les recherches de V. Grafe, est accompagnée d'une augmentation dans la proportion des glucosides. La constatation d'une augmentation dans la production des glucosides totaux, au moment où l'on observe la formation de glucosides anthocyaniques permet de conclure, comme je viens de le dire plus haut, que cette augmentation est précisément due, au moins en partie, à la formation de ces glucosides anthocyaniques.

Ainsi donc, cette manière de voir, exposée dans mon précédent Mémoire, est confirmée par les travaux récents ainsi que par les présentes recherches, sauf pour ce qui concerne la variation d'intensité des échanges gazeux consécutive du rougissement.

L'ensemble des faits actuellement connus se rapportant à la formation de l'anthocyane permet déjà d'entrevoir la solution de la question que je me suis posée en commençant l'étude du rougissement des plantes : quelles sont, pour le phénomène du rougissement, les conditions qui doivent être considérées comme déterminantes et les conditions qui sont seulement nécessaires ?

La condition déterminante immédiate paraît être l'accumulation de composés hydrocarbonés solubles dans le suc cellulaire; cette accumulation pouvant avoir lieu sous l'influence de causes diverses telles que l'augmentation de l'éclairement, l'abaissement de la température, l'attaque de parasites, l'existence de décortication annulaires sur les tiges, etc.

Parmi les conditions nécessaires au rougissement, je placerai : 1° la présence, dans l'atmosphère extérieure, d'une quantité d'oxygène suffisante pour permettre l'augmentation d'activité des phénomènes d'oxydation (1), cette augmentation étant provoquée par l'accumulation des composés hydrocarbonés solubles; 2° l'existence, parmi les substances élaborées normalement par la plante, de composés susceptibles de donner naissance, en milieu oxydant, à des glucosides colorés en rouge; 3° la présence de ferments oxydants.

Les recherches de de Saussure, Mayer, Aubert et Mangin, ont montré quelles modifications étaient apportées dans les échanges gazeux des végétaux par la présence de quantités élevées de composés acides dans les tissus. Les résultats réunis dans les tableaux qui précèdent confirment les conclusions de ces auteurs; ils montrent en effet que la destruction des glucosides anthocyaniques, composés renfermant des groupements acides, ainsi que V. Grafe vient de le mettre en évidence, est accompagnée d'une légère augmentation du rapport des échanges respiratoires, $\frac{CO^2}{O^2}$; au contraire, la formation de ces mêmes pigments acides est accompagnée d'une diminution de ce rapport. C'est là un exemple du rôle prépondérant joué par les variations du chimisme cellulaire dans l'ensemble des échanges respiratoires; l'absorption de l'oxygène et le dégagement de l'anhydride carbonique sont deux phénomènes ne pouvant être considérés comme étroitement liés l'un à l'autre; ils sont séparés par toute une série de modifications chimiques se produisant dans la cellule et ayant une répercussion profonde sur le rapport $\frac{CO^2}{O^2}$.

---

(1) Molliard a montré que c'est précisément parce que cette condition n'était pas remplie pour certaines parties des plantes qu'il cultivait, que ces parties ne prenaient pas la coloration rouge observée dans les régions où l'oxygène arrivait en quantité suffisante.

Ces recherches montrent d'autre part comment le rapport de l'anhydride carbonique absorbé à l'oxygène dégagé dans les échanges chlorophylliens est différent suivant la nature des composés qui prennent naissance dans les travaux de synthèse de l'assimilation. Le rapport du gaz carbonique absorbé à l'oxygène dégagé s'élève en effet quand se constituent des composés acides tels que les pigments anthocyaniques.

Les auteurs précédemment cités ont considéré la destruction des acides dans les tissus comme liée au phénomène chlorophyllien. Cette manière de voir est à rapprocher des résultats exposés ici montrant que ce sont surtout les échanges chlorophylliens qui sont modifiés quand se forment ou se détruisent les pigments anthocyaniques.

CONCLUSIONS

L'étude des échanges gazeux des feuilles pendant la formation et la disparition des pigments rouges conduit aux conclusions suivantes :

L'apparition de l'anthocyane est corrélative d'une accumulation d'oxygène dans les tissus. La disparition de ce pigment dans les feuilles est au contraire accompagnée d'une perte notable d'oxygène. Les variations subies par les échanges gazeux pendant la formation des pigments rouges portent surtout sur la fonction chlorophyllienne ; il semble donc que la production de ces pigments soit intimement liée au phénomène d'assimilation. Cette accumulation d'oxygène, au moment de la formation de l'anthocyane, peut s'expliquer à la fois par la diminution de l'intensité assimilatrice et par la modification qui se produit dans le rapport des gaz échangés dans la fonction chlorophyllienne.

L'état actuel de nos connaissances sur la formation des pigments anthocyaniques permet d'admettre que la cause déterminante de ce phénomène est l'accumulation, dans les cellules, de composés hydrocarbonés solubles, cette accumulation pouvant être provoquée par des causes extérieures très diverses. L'apport actif de ces hydrates de carbone détermine l'accélération des phénomènes d'oxydation; les échanges gazeux sont ainsi profondément modifiés. Peut-être les glucosides existant déjà dans les cellules subissent-ils une oxydation et se transforment-ils en anthocyane. Quoiqu'il en soit on peut affirmer que des composés glucosidiques se forment en grande quantité pendant le rougissement. Ces substances, prenant naissance dans un milieu plus oxydant que le milieu normal, diffèrent de celles qui se forment dans les conditions ordinaires, par leur état d'oxydation plus avancé ; ce sont précisément ces substances qui constituent les pigments anthocyaniques.

Ces recherches ont été faites au Laboratoire de Botanique de la Sorbonne et au Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau, sous la direction de M. le Professeur Gaston Bonnier.

NOTE SUR LA VÉGÉTATION
de la Bande septentrionale des Terrains secondaires dans les Pyrénées

Par M. Joseph BOUGET

Après les collines de la région subpyrénéenne, en avant de la grande chaîne centrale, se dressent au premier plan les montagnes formées par la bande septentrionale des terrains secondaires.

Ces terrains sont constitués en grande partie par du calcaire (crétacé, jurassique); sur des espaces limités se rencontrent des grés divers (triasique); enfin, de-ci de-là, se font jour des soulèvements de roches éruptives (ophite, granite, etc.).

Un coup d'œil rapide sur la région permet d'apercevoir les « facies » habituels de la végétation : forêts, pâturages, landes, endroits d'aspect stérile semblent disposés sans aucun ordre apparent. C'est une zone dont la flore tient de celle de la plaine et de celle de la montagne.

A côté des lois naturelles déjà connues et qui régissent, comme partout ailleurs, la distribution et le développement des plantes, il nous semble intéressant de mentionner les végétaux caractétiques de chaque terrain, et de mettre en relief certains faits qui prennent une importance particulière sous notre climat et en pays de montagne.

Nous avons tenu grand compte de la déclivité du sol, qui est la cause principale de la répartition des terres, en qualité et en quantité; c'est de ce dernier facteur que dépend, en partie, la dégradation de la végétation dont les régions montagneuses, dégradation qui mène insensiblement des formes géantes des grands arbres aux minuscules plantes saxicoles.

Dans cette esquisse de géographie botanique, qui fait suite à celles que nous avons déjà publiées (1), nous étudierons successivement la distribution générale des plantes dans les terrains calcaires et dans les terrains siliceux, en mentionnant les conditions particulières qui nous paraissent influer sur certaines variations morphologiques, puis nous signalerons les particularités de la végétation, telles que les floraisons d'hiver, etc.

---

(1) *Sur quelques points de la géographie botanique dans les Pyrénées centrales françaises* (Bulletin de la Société Ramond, troisième série, tome III, 1908).

Distribution générale de la végétation

TERRAINS CALCAIRES

Les crêtes et montagnes abruptes, d'aspect stérile, qui tranchent par leur couleur grisâtre sur la masse verte des forêts et des pâturages, sont formées généralement de calcaire homogène. Les végétaux arborescents y sont clairsemés, et surtout représentés par les Allouchier, Amélanchier, Nerprun; le Chêne et les autres arbres de la plaine y sont à leur dernière limite d'altitude et par suite s'y trouvent très rabougris.

La flore herbacée la plus riche de tous les terrains secondaires se trouve cantonnée sur ces crêtes calcaires; les espèces les plus belles et les plus spéciales de ces nombreuses plantes saxicoles sont :

Campanula speciosa Pourr.
Anthyllis montana L.
Thalictrum macrocarpum Gren.
Leucanthemum maximum DC.
Dethawia tenuifolia Endl.
Lonicera pyrenaica L.
Ligusticum pyrenæum Gouan.
Linaria Cymbalaria Mill.
Linaria origanifolia DC.
Horminum pyrenaicum L.
Calamintha grandiflora Mœnch.
Calamintha officinalis Mœnch.
Amelanchier vulgaris Mœnch.
Fumana vulgaris Spach.
Geranium sanguineum L.
Laserpitium latifolium L.
Laserpitium var. *asperum* Soy. Will.
Laserpitium Nestleri Soy. Will.
Centranthus angustifolius DC.
Centranthus ruber DC.
Asplenium Halleri DC., etc.
Thymus Chamædrys Fries.
Thalictrum majus Jacq. (forme *T. fallacinum* Gren).
Aconitum Anthora L.
Betonica Alopecuros L.
Teucrium Chamædrys L.
Teucrium pyrenaicum L.
Globularia nudicaulis L.
Phalangium Liliago Schreb.

Quelques-unes des espèces que nous venons de citer peuvent se retrouver parfois sur les calcaires des terrains primaires, mais dans des conditions tout à fait exceptionnelles.

En dehors des crêtes abruptes, on trouve, lorsque la déclivité du sol le permet, ce que nous appellerons la lande montagnarde du terrain calcaire, qui est caractérisée par l'*Erica vagans*, couvrant d'assez vastes étendues.

Au milieu de ces puissantes assises de calcaire homogène viennent affleurer des couches de moindre importance de calcaire argileux, calcaire sablonneux, des diverses marnes et de toutes les variétés de schistes, etc... Ces faibles couches dans lesquelles les éléments calcaires prédominants sont mélangés d'une proportion plus ou moins instable d'éléments siliceux, sont décelées par la présence de certaines espèces telles que :

Dianthus barbatus L.
Senecio adonidifolius Lois.
Lysimachia vulgaris L.
Lysimachia Nummularia L.
Cirsium eriophorum Scop.
Cirsium lanceolatum Scop.
Cirsium palustre Scop.
Cirsium arvense Scop.
Carduus defloratus L.
Carduus nutans L.
Carlina vulgaris L.
Carlina acaulis L.
Carlina acanthifolia All.
Eryngium Bourgati Gouan.
Erica arborea L.
Vaccinium Myrtillus L.
Ulex nanus L.
Calluna vulgaris Salisb.

Ces deux dernières espèces poussent d'une manière si vigoureuse dans ces sols divers répartis à travers ces calcaires blanchâtres à végétation clairsemée, qu'ils peuvent servir de points de repère dans les pâturages.

Dans ces vastes étendues de calcaire d'aspect aride, les sources, d'ailleurs rares et peu abondantes, se rencontrent presque toujours au niveau des couches de faible puissance que nous venons de mentionner; elles émergent souvent au milieu d'un petit bouquet d'arbres, constitué par du Sorbier, du Tilleul, du Bouleau, du Cornouiller, de la Viorne, etc..., suivant l'altitude; le Noisetier y domine toujours.

On sait que sur ce terrain se rencontrent de nombreuses grottes à l'entrée desquelles nous signalerons, sur les parois sèches : *Asplenium Ruta-muraria* L., *Polypodium vulgare* L.; sur les parois humides : *Scolopendrium officinale* Sw. et tout particulièrement *Asplenium Trichomanes* L. qui pénètre le plus avant dans l'intérieur jusqu'à la demi-obscurité, tout en simplifiant sa forme normale et en devenant stérile (frondes peu développées, à lobes très larges et très arrondis). La plante la plus curieuse dans cet ordre d'adaptation est le *Scrofularia pyrenaica* Benth., qui ne se trouve qu'à l'entrée des grottes et sous les encorbellements des rochers. Elle se reproduit jusqu'à la demi-lumière. Le développement des poils et surtout la viscosité de cette plante vont en progressant avec la sécheresse des stations.

Dans les grottes et excavations, qui ont une température presque invariable, supérieure aux basses températures hivernales, et qui généralement se trouvent dans les environs des sources thermales, nous avons à mentionner la délicate Fougère de Montpellier (*Adiantum Capillus-Veneris* L.).

Terrains siliceux

Nous avons dit ailleurs comment le Châtaignier, la Digitale, l'Ajonc, etc..., marquent la limite des terrains siliceux dans la basse région. En remontant vers la zone subalpine, d'autres espèces sont étroitement cantonnées sur ces terrains, citons :

Wahlenbergia hederacea Rchb.
Jasione montana L.
Sedum Rhodiola DC.
Erica tetralix L.
Asplenium septentrionale Hoffm.
Asplenium germanicum Weiss.
Blechnum Spicant Roth.
Lycopodium Selago L.

et tout particulièrement le *Lycopodium clavatum* L. (1) qui suit toutes les sinuosités des affleurements siliceux contournant le calcaire de cette région ; on le retrouve dans les émergences les plus minimes perdues au sein de vastes espaces calcaires, et jusque sur les dépôts morainiques laissés, sur les flancs calcaires des vallées, par les anciens glaciers. Disons encore que la Callune et la Fougère-aigle forment les premiers éléments de la lande montagnarde des terrains siliceux.

Lorsqu'on compare les espèces ubiquistes du terrain siliceux avec celles du terrain calcaire, en évitant toutes les causes d'erreurs qui pourraient provenir des conditions d'altitude, d'exposition, d'humidité du sol, etc..., on s'aperçoit que certains organes comme les poils, les aiguillons, les épines, les vrilles, les glandes, sont plus nombreux, plus développés chez les types du terrain calcaire que dans ceux du terrain siliceux, et que même certains sujets en sont complètement dépourvus dans ce dernier terrain. Nous ne citerons que quelques-unes de ces nombreuses espèces polymorphes :

Aconitum pyrenaicum Lam.
Biscutella lævigata L.
Anthyllis Vulneraria L.
Alchimilla vulgaris L.
Viola tricolor L.
Helianthemum vulgare Gærtn.

---

(1) Fait déjà signalé par nous au bulletin de la Société Ramond, 3e série, tome III, 1908.

Geranium pratense L.
Hypericum hirsutum L.
Heracleum pyrenaicum Lam.
Libanotis montana All.
Libanotis athamantoides DC.
Betonica officinalis L.
Viburnum Lantana L.
Viburnum Opulus L.
Aria nivea Host.
Rosa alpina L.
Pyrus communis L.
Malus communis Poir.
Berberis vulgaris L.
Prunus spinosa L.

Particularités de la végétation

PHÉNOMÈNES PÉRIODIQUES

Floraisons hivernales : Presque toutes les années nous assistons à des floraisons hivernales tout à fait étranges, ayant lieu en décembre, janvier ou février, pendant les belles périodes de ces trois mois. Parmi les plantes vulgaires qui fleurissent à cette époque, nous citons :

Veronica agrestis L.
Veronica hederæfolia L.
Senecio vulgaris L.
Cardamine hirsuta L.
Arabis Thaliana L.
Stellaria media Vill.
Poa annua L.
Capsella Bursa-pastoris Mœnch.
Bellis perennis L.
Taraxacum Dens-leonis L., etc.

Parmi les espèces printanières on remarque :

Galium Cruciata Scop.
Galium vernum Scop.
Ficaria ranunculoides Mœnch.
Viola hirta L.
Ranunculus bulbosus L.
Primula officinalis Jacq.
Polygala vulgaris L.
Potentilla Fragariastrum Ehrh.
Potentilla verna L.
Hepatica triloba Chaix etc.

et quelques représentants des basses stations de plantes alpines (1) :

Gentiana verna L.
Gentiana acaulis L.
Erinus alpinus L.
Arabis alpina L.
Kernera saxatilis Rchb.
Linaria alpina DC.
Saxifraga Aizoon L.
Passerina dioica R.

Toutes ces floraisons de plantes diverses, nous les avons observées exclusivement sur le calcaire.

Nous ferons remarquer ainsi la simultanéité d'activite passagère, pendant ces belles périodes, de certains animaux hibernants (abeille, papillon blanc, frelon, chauve-souris, etc) et aussi les premiers chants de certains oiseaux, etc., et des floraisons que nous venons de signaler),

---

(1) Marchand et Bouget : Compt.-Rend. de l'A. F. A. S. Sess. Clermont-Ferrand, Année 1908.

Dans les terrains siliceux, le phénomène des floraisons hivernales n'a pas été observé. Notons en passant que les terrains plus ou moins siliceux (calcaires argileux, marneux, schisteux, et principalement bandes de schistes), constituent les derniers surtout, les terrains de choix des pâturages, où les espèces prédominantes sont, dans la région qui nous occupe, pour la plupart ubiquistes.

Il est intéressant de signaler des faits qui semblent paradoxaux, au sujet de la marche de la végétation dans ces pâturages. Le départ et l'arrêt de la végétation y sont extrêmement variables d'année en année, et la nature du sol paraît avoir une importance de premier ordre sous le rapport de ces irrégularités. Ainsi donc, dans les pâturages à terrains argileux, marneux ou schisteux, par une période belle et chaude, sous l'influence d'une pluie, — surtout s'il y a des manifestations orageuses —, la végétation se met en activité beaucoup plus vite que sur le calcaire. Inversement, par une période presque continuellement couverte, humide, c'est le contraire qui se produit A l'automne, l'arrêt de la végétation suit une marche analogue, c'est-à-dire que par les années sèches, l'arrêt se produit plus tôt sur le calcaire que sur la silice.

Nous avons pu faire des observations précises sur l'apparition et sur la chute des feuilles.

Feuillaison : La feuillaison des arbres ubiquistes sur les deux terrains ne donne que très peu d'écart; cela tient probablement au temps pluvieux que nous avons généralement à cette saison, car, dans les cas exceptionnels où nous avons constaté une sensible différence dans l'époque d'apparition des feuilles, nous avons noté que le temps était particulièrement beau. Mais ces cas sont trop peu nombreux pour nous permettre de formuler une relation nette.

Défeuillaison : Au contraire, pour la défeuillaison, les faits sont plus nettement tranchés sur les arbres des deux terrains, il convient d'ailleurs de remarquer que dans notre région l'arrière-saison est généralement plus belle que le printemps. Lorsque la « défeuillaison » commence à se préparer, on voit la dégradation chlorophyllienne se manifester d'une manière plus précoce (vingt jours plus tôt en moyenne), et surtout avec une intensité plus grande sur les arbres des terrains calcaires que sur les arbres de mêmes espèces des terrains siliceux. (Nous avons pris soin de faire nos observations à la même altitude, dans la même exposition, etc.).

Dans les immenses forêts de hêtre qui s'étendent sur les deux versants, les arbres, sur le calcaire, ont déjà passé par la gamme des vives teintes automnales et la chute des feuilles a commencé, alors que sur la silice ils sont encore verts. Ces derniers, d'ailleurs, jaunissent tout d'un coup, — sans passer par les teintes intenses et variées des arbres des terrains calcaires, — puis la chute des feuilles se fait immédiatement.

Nous avons étudié aussi les variations de l'extension de la ramure, sur des arbres poussant également sur les deux terrains (placés d'une façon contiguë, par conséquent dans les mêmes conditions d'altitude, d'exposition, de déclivité du sol, etc.). Nous pouvons dire qu'il y a une uniformité plus grande dans le développement progressif des arbres du terrain siliceux que dans ceux du calcaire, car il existe, dans ces derniers, des écarts parfois énormes entre la longueur raméale d'année à année ; les rameaux les plus longs correspondent aux étés humides, les plus courts aux étés plus secs.

Considérations sur la flore

Comme nous l'avons déjà dit, les montagnes des terrains secondaires, (par leur situation et leur élévation intermédiaires entre les hauts terrains primaires de la chaîne centrale et les terrains tertiaires de la région sub-pyrénéenne) constituent, pour certains végétaux, une barrière infranchissable, tandis qu'ils permettent le passage d'autres espèces et présentent, pour certains, un terrain favorable à la fusion, au mélange des flores des grandes hauteurs et de la plaine. Citons d'abord quelques espèces qui s'arrêtent sur ces montagnes. C'est encore, en ce cas, spécialement sur le calcaire que remontent le plus haut les plantes xérophiles que voici :

Parietaria officinalis DC.
Ceterach officinarum Willd.
Erigeron canadensis L.
Physalis Alkekengi L.
Atropa Belladona L.
Datura Stramonium L.
Hyoscyamus niger L.
Verbascum sinuatum L.
Verbascum nigrum L.
Rubia peregrina L.

Salvia officinalis L.
Chenopodium ambrosioides L.
Iris germanica L.
Iris fœtidissima L.
Iris graminea L.
Convallaria maialis L.
Ophrys fusca Link.
Ophrys arachnites Hoffm.
Ophrys aranifera Huds.
Ophrys apifera Huds. etc.

La Pariétaire, le Cétérach qui, dans la plaine, affectionnent les murs construits de pierres granitiques, se retrouvent en pleine zone humide de la sapinière jusqu'à 1500 m., dans les fissures des parois calcaires, aux expositions sud.

Nous appelons espèces de passage les plantes de la plaine qui franchissent ces montagnes secondaires et qu'on retrouve plus haut dans les pâturages alpins. Ces plantes sont généralement indifférentes à la nature du sol; cependant elles affectionnent plutôt les terrains siliceux. Il faut ajouter que ces plantes appartiennent en grande partie au groupe des hygrophiles, citons :

Caltha palustris L.
Ranunculus acris L.
Ranunculus bulbosus L.
Stellaria graminea L.
Trifolium pratense L.
Trifolium repens L.
Lotus corniculatus L.
Poterium Sanguisorba L.
Bellis perennis L.
Taraxacum Dens-leonis L.
Hieracium Pilosella L.
Ajuga reptans L.
Plantago lanceolata L.
Luzula vernalis DC.
Leucanthemum vulgare Lam.

C'est encore sur le calcaire secondaire que nous trouvons une flore de mélange des plus intéressantes; c'est là que se fait la jonction des espèces de la plaine avec celles des plantes alpines qui descendent le plus bas et qui fuient la zone humide des nuages inférieurs, comme nous l'avons signalé dans un travail antérieur (1).

Sur le calcaire, les espèces herbacées sont beaucoup plus nombreuses que sur le terrain siliceux. Sur le calcaire, leur activité est plus grande, mais leur durée végétative plus courte; en général, les diverses espèces herbacées se développent sur le calcaire par périodes successives, pendant presque tout le courant de l'année, tandis que, sur la silice, la période de végétation suit plus régulièrement les saisons.

Comme les végétaux herbacés, les espèces ligneuses ont, sur le calcaire, une floraison beaucoup plus abondante que sur la silice. Mais sur cette dernière, quelques essences comme : Hêtre, Chêne, Noisetier, etc., tout en ayant leur floraison plus restreinte que sur le calcaire, ont des fruits arrivant plus complètement à maturité. Au contraire, sur le calcaire, les fructifications avortent très souvent.

---

(1) MM. Marchand et Bouget : *L'influence des couches inférieures de nuages sur la distribution des végétaux en altitude dans les Pyrénées centrales françaises.* — Bulletin de la Société Ramond, troisième série, tome III, 1908, et C. R. de l'Association française (A.F.A.S.) Congrès de Clermont. 1908.

Pourtant, c'est encore le terrain calcaire qui l'emporte par la variété et le nombre des espèces.

A égalité d'altitude, d'exposition, etc., la floraison des plantes ubiquistes y est aussi plus hâtive : certaines espèces, comme le Daphné Lauréole, y fleurissent plus d'un mois plus tôt que sur la silice. Mais cette anomalie n'a lieu que pour les floraisons printanières.

Si, de cette brève étude des terrains secondaires, nous voulions tirer une conclusion, nous pourrions dire :

Il résulte nettement des faits que nous venons d'énumérer que, de tous les terrains secondaires, *c'est le terrain calcaire qui est le plus complètement soumis aux influences climatiques. C'est sa végétation qui enregistre au plus haut degré les variations des saisons et des années.*

NOTES BIBLIOGRAPHIQUES

WENT, F. A. F. C. — The inadmissibility of the statolith theory as proved by experiments of Miss C. J. PEKELHARING. — *(Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam*, 30 octobre, 1909)

On sait que la théorie des statolithes formulée par HABERLANDT et NÉMEC cherche à expliquer les phénomènes de géotropisme par la pression exercée par les grains d'amidon sur le protoplasme dans les régions en voie de croissance. De nombreux auteurs ont déjà étudié et discuté cette question.

Miss PEKELHARING a effectué, dans le laboratoire de M. WENT, une série d'expériences qui semblent tout à fait en contradiction avec l'hypothèse du rôle des statolithes.

Les recherches de FLURI ont montré qu'on peut, sous l'influence de sels d'aluminium faire disparaître complètement l'amidon des cellules vivantes.

Miss PEKELHARING a pensé qu'il était possible de déplacer l'amidon de la coiffe de racines vivantes. L'auteur a constaté l'action toxique des sels d'aluminium sur les racines de *Lepidium sativum*, et a cherché à annuler la toxicité de l'aluminium en faisant intervenir en même temps que lui un autre métal, le potassium. L'auteur a cultivé les plantes dans une solution de 1 gr. d'alun de potasse dans 4 litres d'eau et a constaté qu'un grand nombre de racines ne présentaient pas d'amidon.

Les graines après avoir été trempées dans l'eau pendant une journée étaient placées sur de la gaze tendue sur un verre de lampe. Ce verre de lampe était placé dans la solution d'alun, de telle sorte que le niveau du liquide était situé 1/2 centimètre environ au-dessous du niveau de la gaze. Au bout d'un petit nombre de jours, les graines avaient germé; les radicules présentaient une assez grande longueur; quelques-unes montraient des courbures traumatotropiques.

Le verre de lampe était ensuite placé horizontalement, et peu de temps après, les racines se courbaient en se dirigeant vers la terre malgré l'*absence complète d'amidon* dans les cellules du sommet. Ce fait tendrait à prouver que la perception de l'action de la pesanteur peut se faire sans statolithes.

⁂

G. MASSON. — **Recherches sur quelques plantes à saponine**. Lons-le-Saulnier, imprimerie Declume, 114 p., 1910).

L'auteur montre comment les méthodes employées jusqu'ici pour préparer les Saponines ne permettent d'extraire que des mélanges renfermant en proportions diverses : des Saponines, des sucres réducteurs, des hydrates de carbone et des sels d'acides organiques présentant les propriétés émulsives et aphrogènes des Saponines et pour lesquels l'auteur propose le nom de *Saponoïdes*.

Les recherches de M. G. MASSON ont porté sur les plantes suivantes : *Saponaria officinalis, Gypsophila Struthium, Lychnis Githago, Quillaya Smegmadermos, Polygala Senega, Æsculus Hippocastanum, Sapindus Mukurossi, Smilax.* Il a isolé de ces végétaux, les Saponines, les Saponoïdes, les hydrates de carbones et les sucres réducteurs qu'ils renfermaient, et a fait l'étude des différents composés ainsi préparés.

L'auteur indique, d'une manière particulièrement détaillée, les procédés qui lui ont servi à isoler les Saponines et les Saponoïdes dans les plantes sur lesquelles il expérimentait. Il résulte de ses recherches que les Saponines ne sont pas aussi répandues dans le règne végétal que les travaux antérieurs le faisaient supposer, mais que les Saponoïdes se rencontrent au contraire très souvent. Il insiste sur les caractères distinctifs des Saponines et des Saponoïdes, et indique comment on peut rechercher ces deux groupes de corps dans les végétaux.

Le travail de M. G. MASSON met en évidence un grand nombre de faits nouveaux, relatifs à la chimie des Saponines et des corps qui les accompagnent, faisant connaître que les procédés qui ont servi jusqu'ici à préparer ces composés ne permettaient pas de les obtenir à l'état de pureté. L'auteur montre que l'étude de certaines Saponines a porté, non pas sur des composés purs, mais sur des mélanges.

Les résultats obtenus dans les recherches de M. G. MASSON offrent un puissant intérêt et montrent la nécessité de reprendre tout ce qui a été fait jusqu'à ce jour sur la chimie des Saponines en tenant compte, dans la préparation de ces substances, des nouvelles indications qu'il fait connaître.

Raoul COMBES.

⁂

D. BOIS et GADECEAU G. — **Les végétaux : leur rôle dans la vie quotidienne** (1 vol. in-8 écu de 360 pages, Pierre Roger et C^{ie}, éditeurs 54, rue Jacob, Paris. Prix : 4 francs.)

Excellent ouvrage où sont résumés, dans une dizaine de conférences, les propriétés et usages des végétaux : plantes alimentaires, légumes et céréales, plantes cultivées pour la production des boissons, plantes oléifères, saccharifères, féculentes, fourragères, bois, plantes textiles, tinctoriales, plantes à parfum, plantes résineuses et gommifères, plantes médicinales et vénéneuses. Ce petit volume écrit par des spécialistes de valeur, ne saurait manquer d'avoir un succès bien légitime, car il contient de nombreux et utiles renseignements. C'est une petite encyclopédie de botanique appliquée, présentée sous une forme attachante et que tout le monde voudra posséder.

CHRONIQUES ET NOUVELLES

M. A. Guilliermond, lauréat de l'Institut, pour le prix Desmazières de 1909, vient d'en offrir le montant au Laboratoire de Botanique de l'École normale supérieure, en témoignage de gratitude pour l'accueil et l'hospitalité qu'il y a reçus, de la part de M. Matruchot, directeur de ce Laboratoire.

⁂

M. Maurice Bouly de Lesdain a soutenu avec succès devant la Faculté des Sciences de Paris une Thèse intitulée : *Recherches sur les Lichens des environs de Dunkerque.*

⁂

M. R. C. Punnet est nommé professeur de Biologie à l'Université de Cambridge en remplacement de M. Bateson. — M. G. Trinchieri est nommé Privat-Docent de botanique à l'Université de Naples.

⁂

On annonce la mort de M. E. P. Wright, professeur de botanique à l'Université de Dublin, et de M. Charles Reid Barnes, professeur de Physiologie végétale à l'Université de Chicago.

Lille. — Imp. LE BIGOT Frères. Le Gérant, Ch. Pieters

MODE DE PUBLICATION & CONDITIONS D'ABONNEMENT

La *REVUE GÉNÉRALE DE BOTANIQUE* paraît le 15 de chaque mois et chaque livraison est composée de 32 à 64 pages avec planches et figures dans le texte.

Le prix annuel (payable d'avance) est de :

20 fr. pour Paris, les Départements et l'Algérie.
22 fr. 50 pour l'Étranger.

Aucune livraison n'est vendue séparément.

Adresser les demandes d'abonnements, mandats, etc., à M. l'Administrateur de la LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT, 1, rue Dante, à Paris.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. Gaston BONNIER, professeur à la Sorbonne, 15, rue de l'Estrapade, Paris.

Il sera rendu compte dans les revues spéciales *des ouvrages, mémoires ou notes dont un exemplaire aura été adressé au Directeur de la* Revue générale de Botanique. *De plus, l'ouvrage envoyé sera annoncé immédiatement sur la couverture.*

Les auteurs des travaux insérés dans la *Revue générale de Botanique* ont droit gratuitement à vingt-cinq exemplaires en tirage à part.

PRINCIPAUX COLLABORATEURS

DE LA

Revue générale de Botanique

Aubert, docteur ès sciences.

Battandier, professeur à l'École de médecine d'Alger.

Becquerel (Paul), docteur ès sciences.

Bernard, maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Caen.

Blaringhem, docteur ès sciences.

Boergesen, docteur ès sciences de l'Université de Copenhague.

Bonnier (Gaston), membre de l'Académie des Sciences.

Bornet, membre de l'Académie des Sciences.

Boudier, Correspondant de l'Institut.

Boutroux, professeur à la Faculté des Sciences de Besançon.

Briquet, prof. à l'Université de Genève.

Brunotte, chargé de cours à l'École de pharmacie de Nancy.

Chauveaud, directeur-adjoint à l'École des Hautes-Études.

Costantin, professeur au Muséum d'Histoire naturelle.

Coupin, chef de travaux à la Sorbonne.

Daniel, professeur à la Faculté des Sciences de Rennes.

Dassonville, de l'Institut Pasteur.

Devaux, professeur à l'Université de Bordeaux.

Dubard, maître de Conférences à la Sorbonne.

Ducamp, docteur ès sciences.

Dufour, directeur-adj. du Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau.

Eriksson (Jakob), professeur à l'Académie royale d'Agriculture de Suède.

Finet, préparateur au Muséum.

Flahault, professeur à l'Université de Montpellier.

Flot, docteur ès sciences.

Fockeu, profes. à l'Université de Lille,

Friedel (Jean), Conservateur des Collections botaniques de la Sorbonne.

Gain, prof.-adj. à l'Université de Nancy.

Gallaud, docteur ès sciences.

Gatin, docteur ès sciences, préparateur à la Sorbonne.

Giard, membre de l'Académie des Sciences.

Goldberg, docteur ès sciences de l'Université de Varsovie.

Grélot, professeur à l'École supérieure de pharmacie de Nancy.

Griffon, professeur à l'École supérieure d'Agriculture de Grignon.

Guignard, membre de l'Académie des Sciences.

Guilliermond, docteur ès sciences.

Heckel, prof. à l'Université de Marseille.

Henry, prof. à l'École forestière de Nancy.

Hérissey, chef de travaux à l'École supérieure de Pharmacie de Paris.

Hervier (l'abbé Joseph).

Hickel, inspecteur des forêts.

Hochreutiner, docteur ès sciences, de l'Université de Genève.

Houard, Lauréat de l'Institut.

Houlbert, docteur ès sciences.

Hue (l'abbé), lauréat de l'Institut.

Hy (l'abbé), professeur à la Faculté catholique d'Angers.

Jaccard, professeur au Polytechnicum de Zurich.

Jacob de Cordemoy (H.), chargé de cours à l'Université de Marseille.

Janczewski (de), professeur à l'Université de Cracovie.

Jonkman, de l'Université d'Utrecht.

Jumelle, professeur à la Faculté des Sciences de Marseille.

Kolderup-Rosenvinge, docteur ès sciences, de l'Université de Copenhague.

Kövessi, inspecteur de la viticulture de Hongrie.

Lagerheim (de), prof. à l'Université de Stockholm.

Laurent, professeur à l'École de médecine de Reims.

Leclerc du Sablon, professeur à la Faculté des Sciences de Toulouse.

Lefèvre (J.), professeur à l'École des Sciences du Hâvre.

Lesage, maître de Conférences à l'Université de Rennes.

Lothelier, docteur ès sciences.

Lubimenko, assistant au Jardin Nikita, Crimée.

Macmillan (Conway), professeur à l'Université de Minnesota.

Magnin, prof. à l'Univers. de Besançon.

Maige, professeur à l'École supérieure des Sciences d'Alger.

Matruchot, prof.-adjoint à la Sorbonne.

Mer, directeur de la Station forestière de l'Est.

Mesnard, professeur à l'École de médecine de Rouen.

Mirande, professeur à l'Université de Grenoble.

Molliard, Professeur-adjoint à la Sorbonne.

Palladine, prof. à l'Université de Saint-Pétersbourg.

Paulsen (Ove), docteur ès sciences de l'Université de Copenhague.

Posternak, docteur ès sciences de l'Université de Zurich.

Poulsen, docteur ès sciences de l'Université de Copenhague.

Prillieux, membre de l'Académie des Sciences.

Prunet, prof. à l'Université de Toulouse.

Rabot (Charles), explorateur.

Ray, maître de conférences à l'Université de Lyon.

Richter (André), assistant à l'Université de Saint-Pétersbourg.

Ricôme, maître de Conférences à l'Université de Lille.

Russell (William), docteur ès sciences

Sabline, de l'Université de Saint-Pétersbourg.

Seignette, docteur ès sciences.

Smirnoff, de l'Université de St-Pétersbourg.

Téodoresco, docteur ès sciences, professeur à l'Université de Bucharest.

Thouvenin, professeur à l'École de médecine de Besançon.

Trabut, prof. à l'École de médec. d'Alger.

Tswett, de l'Université de Varsovie.

Vallot (J.), directeur de l'Observatoire du Mont-Blanc.

Van Tieghem, membre de l'Académie des Sciences.

Viala, prof. à l'Institut agronomique.

Viguier, docteur ès sciences, préparateur au Museum d'Histoire naturelle.

Vries (Hugo de), professeur à l'Université d'Amsterdam.

Vuillemin, professeur à la Faculté de médecine de Nancy.

Warming, prof. à l'Univ. de Copenhague.

Zeiller, membre de l'Académie des Sciences.

Lille. — Imp. Le Bigot frères. Le Gérant, Ch. Piéters.

REVUE GÉNÉRALE
DE
BOTANIQUE

DIRIGÉE PAR

M. Gaston BONNIER

MEMBRE DE L'INSTITUT,
PROFESSEUR DE BOTANIQUE A LA SORBONNE

TOME VINGT-DEUXIÈME

Livraison du 15 Juin 1910

N° 258

*Entered at the New-York Post Office
as Second Class matter.*

PARIS
LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT
1, RUE DANTE, 1

1910

LIVRAISON DU 15 JUIN 1910

I. — DU MODE DE PÉNÉTRATION DE QUELQUES SELS DANS LA PLANTE VIVANTE. ROLE DE L'ENDODERME (avec 17 figures dans le texte), par **M. Jean de Rufz de Ravison** 225

II. — SUR LES GRAINES ET TUBERCULES DES TOMBEAUX PÉRUVIENS DE LA PÉRIODE INCASIQUE (avec 15 figures dans le texte), par **MM. Costantin et Bois** 242

III. — DE LA NATURE HYBRIDE DE L'ŒNOTHÈRE DE LAMARK, par **M. Leclerc du Sablon** 266

IV. — NOTES BIBLIOGRAPHIQUES 277

V. — CHRONIQUES ET NOUVELLES. 280

Cette livraison renferme trente-deux figures dans le texte.

Pour le mode de publication et les conditions d'abonnement voir à la troisième page de la couverture.

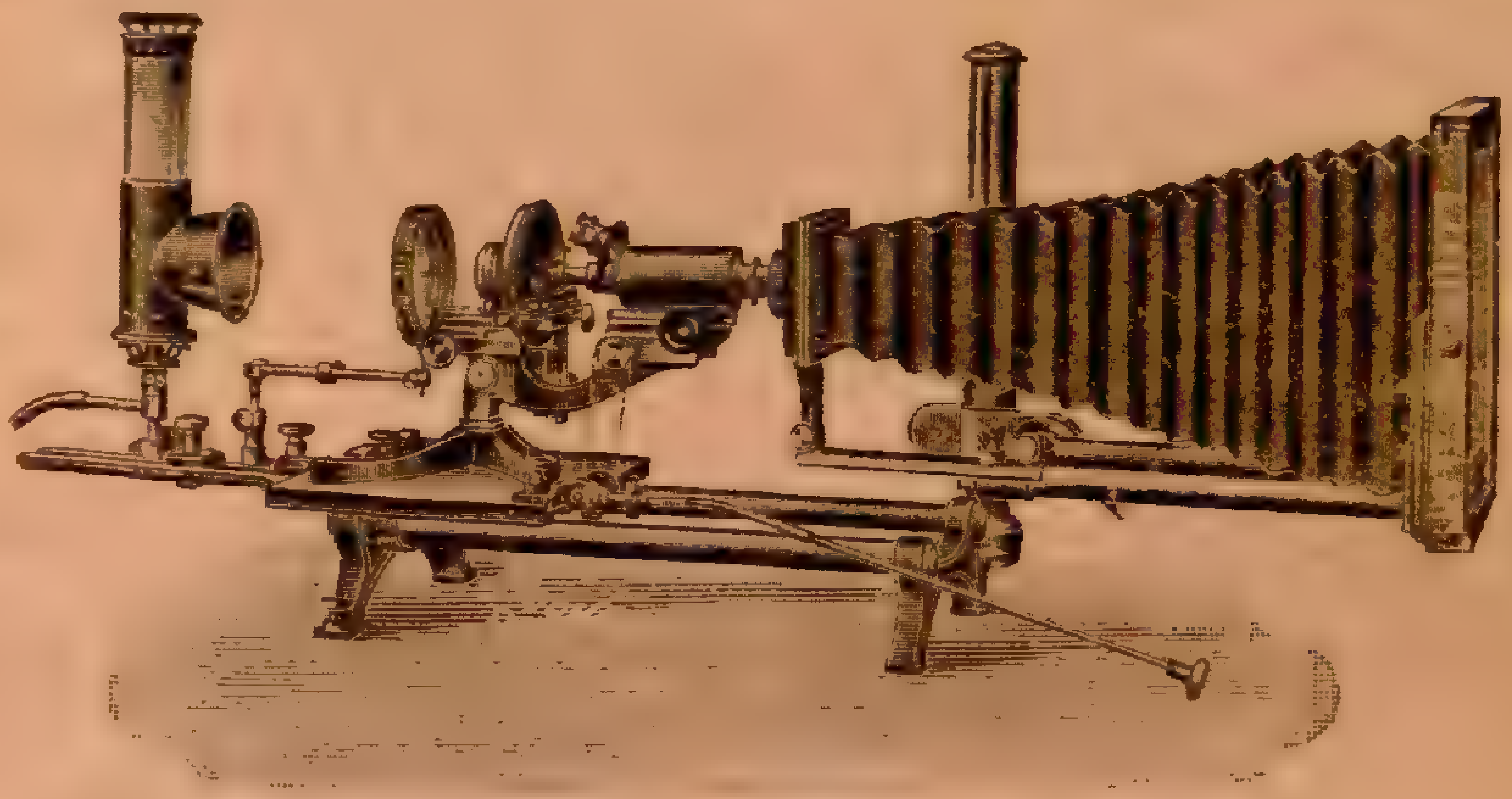
Pour tout ce qui concerne les Annonces, s'adresser à Monsieur l'Administrateur de la Librairie générale de l'Enseignement, 1, rue Dante, Paris (Ve).

E. LEITZ, WETZLAR

Berlin, Francfort-s/-M., St-Pétersbourg, Londres, New-York, Chicago.

Dépositaires à Paris

MM. E. COGIT & C^{ie}, 36, boulevard St-Michel



MICROSCOPES pour travaux **Scientifiques** et **Techniques.**

MICROTOMES. — Appareils microphotographiques et de projection. — **Objectifs** photographiques, Jumelles à prismes.

Catalogues spéciaux. — Envoi sur demande gratis et franco.

SOCIÉTÉ

LUMIÈRE & SES FILS

LYON-MONPLAISIR

FABRIQUE DE

PLAQUES — PELLICULES — PAPIERS
PRODUITS PHOTOGRAPHIQUES

PHOTOGRAPHIE directe des COULEURS

PAR LES

"PLAQUES AUTOCHROMES"

(Procédé Auguste et Louis LUMIÈRE, breveté dans tous les Pays)

EN VENTE PARTOUT

Les Fils d'Émile DEYROLLE, Naturalistes

PARIS · 46, rue du Bac, 46 · PARIS

TÉLÉPHONE 729-27

Usine à Vapeur : 9, rue Chanez, PARIS-AUTEUIL

Sciences Naturelles

ZOOLOGIE — BOTANIQUE — GÉOLOGIE — MINÉRALOGI
TECHNOLOGIE

Instruments pour la Recherche des objets d'Histoire naturelle et leur classement en collection

BOCAUX - BOITES A BOTANIQUE - CARTONS A HERBIER - CUVES
DÉPLANTOIRS - LOUPES - PAPIER BOTANIQUE

Pièces d'Anatomie végétale, d'Anatomie humaine et comparé

Cabinets et Collections d'Histoire naturelle

Collections générales et spéciales — **Physiologie - Technologie**

Micrographie — Projection
Appareils — Préparations microscopiques
Microphotographies sur verre pour projections

CATALOGUES EN DISTRIBUTION

Les Catalogues concernant les Spécialités suivantes sont adressés **Gratis et Franco**

- **Cabinets de Physique, de Chimie et Instruments de précision.**
- **Projections pour l'enseignement,** lanternes de projections, etc.
- **Enseignement technique, Collections** et **Matériel.**
- **Pièces d'anatomie humaine comparée** et **botanique** en staff et cire.
- **Mammifères, Oiseaux, Reptiles** et **Poissons,** prix à la pièce.
- **Squelettes montés,** prix à la pièce.
- **Insectes européens** et **exotiques,** prix à la pièce.
- **Coquilles,** prix à la pièce.
- **Animaux invertébrés en alcool,** prix à la pièce.
- **Fossiles** et **Minéraux,** prix à la pièce.
- **Cabinets** et **Collections d'histoire naturell** pour les enseignements primaire, seco daire et supérieur.
- **Livres d'histoire naturelle.**
- **Instruments** pour l'étude des scienc naturelles.
- **Microscopes, Microtomes.**
- **Préparations microscopiques,** instrument pour la **Micrographie.**
- **Meubles** pour le rangement des collection
- **Tableaux d'histoire naturelle,** celles s toile avec bâton haut et bas, mesura $1^{m}40 \times 0^{m}90$, destinés à l'enseignemen secondaire et supérieur.
- **Mobilier et Matériel d'enseignement** po les écoles enfantines, primaires, lycé collèges, facultés, etc.
- **Musée scolaire** pour leçons de choses.

Appareils & Produits Chimiques pour Bactériologie

MICROGRAPHIE — PHOTOGRAPHIE — MICROPHOTOGRAPHIE
RÉACTIFS — MATIÈRES COLORANTES PURES
PRODUITS PURS POUR ANALYSES — VERRERIE SOUFFLÉE & GRADUÉE

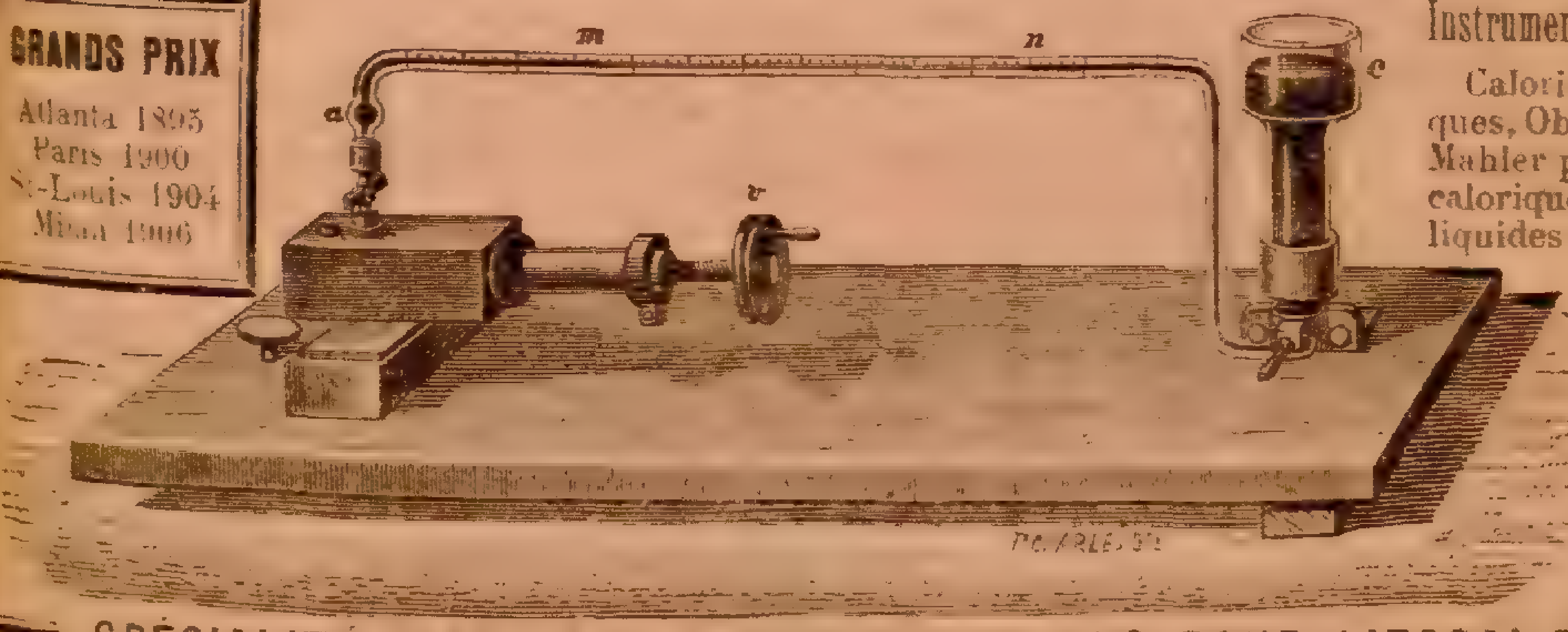
CONSTRUCTION D'INSTRUMENTS de PRÉCISION
destinés aux Arts, aux Sciences et à l'Industrie
Ancienne Maison SALLERON-DEMICHEL

Les Établissements POULENC Frères
122, Boulevard Saint-Germain.— PARIS

Fournisseurs de la Faculté des Sciences de Paris, du Muséum d'Histoire Naturelle, de l'Institut Pasteur, etc., etc.

L. GOLAZ, Constructeur, 23, Avenue du Parc de Montsouris, **PARIS** (14e)

GRANDS PRIX
Atlanta 1895
Paris 1900
St-Louis 1904
Milan 1906



Instruments pr la Physique et la Chimie

Calorimètres, Bombes calorimétriques, Obus calorimétriques de M. R. Mabler pour l'estimation du pouvoir calorique des combustibles solides, liquides et gazeux.

Appareil de MM. Bonnier et Mangin, pour l'analyse des Gaz.

Cet appareil est construit spécialement pour les laboratoires de botanique.

Trompes et Rampes à Vide
Pompes pour pression

Grisoumètre. Cryoscope

SPÉCIALITÉ D'APPAREILS ENREGISTREURS POUR L'ESSAI DES EXPLOSIFS

C. FONTAINE

13, rue Monsieur-le-Prince
PARIS

CHIMIE

Bactériologie
Micrographie

Fournitures diverses
pour Laboratoires

VERRERIES
ET
APPAREILS

CHIMIE

Électricité
Photographie

Appareils divers
pour Cabinets

PRODUITS
CHIMIQUES

CATALOGUE RAISONNÉ
DES
Appareils pour les expériences et les études de physiologie végétale

Ce Catalogue qui vient de paraître (Janvier 1910), donne la figure et les prix de nombreux appareils utilisés en physiologie végétale.

Il comprend les divisions suivantes :

Respiration, Transpiration, Physico-chimie, Assimilation chlorophyllenne et Chlorophylle, Aliments des plantes, Mouvement des végétaux, Microchimie physiologique, Physiologie de la Reproduction.

Ce Catalogue sera adressé à toute personne qui en fera la demande à la Maison :

Les Fils d'ÉMILE DEYROLLE, Naturalistes
PARIS, 46, rue du Bac (Téléphone 729-27)

MICROGRAPHIE - BACTÉRIOLOGIE

E. COGIT & Cie
36, Bd St-Michel
PARIS

Constructeurs
d'Instruments
et d'Appareils
pour les Sciences

Dépôt pr la FRANCE
DES MICROSCOPES
de **E. LEITZ**

MODÈLES SPÉCIAUX POUR LA BACTÉRIOLOGIE
Microscope binoculaire

Microtomes MINOT et Microtomes de toutes marques
Produits chimiques et Colorants spéciaux
pour la MICROGRAPHIE et la BACTÉRIOLOGIE

Dépôt des Produits de GRÜBLER & Cie, de Leipzig
Étuves à Culture, Autoclaves, Installations complètes de Laboratoires, Milieux de Culture stérilisés

Nouvel Appareil Microphotographique COGIT

Préparations microscopiques
DANS TOUTES LES BRANCHES
DE L'HISTOIRE NATURELLE
MÉDAILLE D'OR A L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1900

Embryologie. — Anatomie normale et pathologique. — Zoologie générale. — Sédiments urinaires.— Bactéries. — Physiologie et Anatomie végétale. — Textiles et papiers. — Champignons parasites. — Ferments. — Mousses. — Lichens. — Algues. — Diatomées. — Matières alimentaires et falsifications. — Pharmacie. — Minéralogie.— Objets préparés non montés en séries. — Collections spéciales pour les Lycées, Collèges et Ecoles normales, etc.

J. TEMPÈRE
Préparateur-Micrographe
à Gretz-sur-Loing (S.-M.).

☞ Envoi du Catalogue général franco sur demande.

LILLE. — LE BIGOT FRÈRES

Le Gérant, Ch. Pieters.

DU MODE DE PÉNÉTRATION DE QUELQUES SELS DANS LA PLANTE VIVANTE

ROLE DE L'ENDODERME

par M. Jean de RUFZ de LAVISON

Il serait intéressant de préciser le mode intime de pénétration des sels dans une plante vasculaire vivante; quel peut être le rôle de la racine dans l'absorption ? Jusqu'à quel point la racine exerce-t-elle un choix parmi les substances qui lui sont offertes ? Son pouvoir électif est nié par un grand nombre d'auteurs qui considèrent une plante dont la racine plonge dans une solution, comme un système purement physique. Il est, en effet, généralement admis que tous les sels susceptibles de diffusion pénètrent dans la tige, jusqu'à ce qu'ils atteignent dans cet organe la même tension osmotique que dans la solution. Si, pour une cause quelconque, le sel s'insolubilise, disparaît, ou se comporte vis-à-vis du protoplasme comme une teinture, ainsi que l'a montré Demoussy (1) pour les azotates et les chlorures, une nouvelle quantité de sel sera extraite du milieu extérieur, jusqu'à ce que l'équilibre osmotique soit de nouveau atteint. Nous aurons ainsi une sorte d'élection quantitative, la seule admise jusqu'à présent, signalée par Dehérain, dès 1867 (2).

Cette élection est-elle la seule possible ? Cela n'est pas évident *a priori*. Nous rechercherons donc si un sel ne peut être arrêté en un point quelconque de son trajet, à travers l'écorce, l'endoderme et le péricycle de la racine, pour arriver jusqu'aux vaisseaux. Etant donné une plante dont les racines plongent dans une solution non toxique d'un sel quelconque, on peut imaginer deux modes très différents de pénétration de ce sel dans la plante. Il peut pénétrer à la fois par le protoplasme et la cellulose, ou simplement par la cellulose. Pfeffer (1) dit, en effet : « qu'un sel peut n'être assimilé que dans la cîme d'un arbre, après avoir cheminé, depuis la racine qui l'a absorbé, jusqu'à la cîme, en restant localisé dans les parois. »

---

(1) Demoussy. — *Ann. Agronomiques*, t. XXV, p. 516.

(2) Dehérain. — *Chimie agricole*, p. 485 à 494.

Je me suis demandé s'il était possible qu'un sel pénétrât dans la plante, en suivant uniquement la cellulose. Il me semblait, en effet, que les cadres subérisés de l'endoderme interrompaient la continuité de la cellulose dans la racine. Si l'on admet que les cadres subérisés sont imperméables, tout sel, pour pénétrer dans le cylindre central, devra passer à travers le protoplasme de l'endoderme.

Il est probable que, si ces conditions sont remplies, les sels qui ne pénétreront pas dans le protoplasme seront incapables de passer de l'écorce dans le cylindre central. Tout se passerait par conséquent comme si la racine avait des propriétés électives vis-à-vis de ces sels.

J'ai essayé de résoudre expérimentalement cette question pour quelques sels.

⁂

BIBLIOGRAPHIE

Il n'existe pas, à ma connaissance, de travaux relatifs au rôle de l'endoderme de la racine, dans la pénétration des sels. Par contre, beaucoup d'auteurs (2) ont fait remarquer que l'endoderme subérisé devait empêcher l'eau et les sels qu'elle tient en solution, de passer du cylindre central dans l'écorce. Schwendener (3) a montré expérimentalement, l'imperméabilité des parois tangentielles externes de l'endoderme âgé et épaissi des monocotylédones, vis-à-vis du tannin et de l'iode. L'expérience a été faite en plongeant des sections de racines dans des solutions d'iode ou de tannin; ces corps ne pénétraient pas dans la paroi tangentielle externe de l'endoderme.

---

(1) **Pfeffer.** — ***Physiologie végétale***, I, p. 76.

(2) Haberlandt. — *Physiol. Pfl. Anat.* 1884-1906.

Krœmer, *Wurzelhaut, Hypodermis und Endodermis der Angiospermen, Wurzel* (Bibliotheca Botanica Hef. 59, 1903).

(3) Schwendener. — *Die Schutzscheiden und ihre verstarkungnen* (Bericht. d. deutsch. Bot. Gesellsch. 1883 et Gesammelte Bot. Mitteilungen, Berlin, 1898).

Schwendener a montré de même, en faisant pénétrer par aspiration des solutions colorées dans le cylindre central de racines âgées de monocotylédones, que le colorant ne pénétrait dans l'écorce, que là où les épaississements n'existaient pas. Toutes ces expériences ont été faites sur des sections de racines âgées, sans que l'auteur se soit occupé de la toxicité des solutions.

Au point de vue des cadres subérisés ordinaires, une expérience de de Vries (1) semble prouver leur imperméabilité à l'eau, de l'intérieur à l'extérieur. En exerçant une pression au-dessus d'une racine sectionnée, l'eau ne s'écoule, à l'extérieur, que si l'on entame l'endoderme.

C'est d'ailleurs la seule expérience qui ait été faite sur une plante vivante.

Les expériences qui suivent ont trait à l'absorption des sels par la plante intacte et vivante. Je prendrai deux sels très différents comme types.

A) **Sulfate de Fer** (SO^4Fe+7H^2O). — Ce sel, comme je le montrerai plus loin, ne pénètre pas dans le protoplasme vivant, il s'arrête dans l'écorce de la racine contre les cadres subérisés de l'endoderme.

B) **Sulfocyanure d'Ammonium** ($SCyAzH^4$). — Ce sel pénètre dans le protoplasme et se diffuse dans toute la plante.

---

(1) De Vries. — *Studien over zuigwortels* (Maandbl voor Natuurwetensch. Bd. XIII, p. 53-68, 1886, Analyse in: Bot. Zeitung. p. 788. 1886.)

A. — SUBSTANCES NE PÉNÉTRANT PAS DANS LE PROTOPLASME

Je m'occuperai successivement :

1° de plantes qui ne possèdent pas une assise subéreuse nette dans la racine (exemple : Pois) ;

2° de plantes ayant une assise subéreuse bien différenciée dans la racine (exemple : Jacinthe).

Dispositif des expériences. — Je donnerai, une fois pour toutes, la disposition des expériences, à part la durée et la concentration de la solution, elles se ressemblent toutes.

La plante étant placée depuis 24 heures dans 100 centimètres cubes d'eau distillée, on remplace avec précaution l'eau distillée par le même volume de la solution à étudier. On évite ainsi de briser les racines. En transvasant la plante on risquerait, en effet, d'amener des lésions qui peuvent provoquer la pénétration du sel dans les vaisseaux. En opérant, sans prendre cette précaution, Wieler (1) avait constaté qu'un grand nombre de colorants pénétraient dans les vaisseaux d'une racine vivante. J'ai constaté, au contraire, que ces mêmes colorants s'arrêtaient à l'endoderme, en prenant les précautions indiquées ci-dessus.

1° PLANTE N'AYANT PAS D'ASSISE SUBÉREUSE NETTE (*ex.* : *Pois*).

1^re^ Expérience

But. — Je recherche si les cadres subérisés arrêtent le sulfate de fer de l'extérieur à l'intérieur.

---

(1) Wieler. — *Ueber den Antheil des secundären Holzes der Dicotyledonen Gewächse an der Saftleitung und über die Bedeutung der Anastomosen für die Wasserversorgung der transpirirenden Fläche* (Pringsh. Jahrb., XIX, p. 119, 1888).

1

1^{re} Concentration. — *Sulfate de fer :* $\frac{1}{5000}$

Des pois munis de leurs racines en bon état sont placés dans du sulfate de fer à $\frac{1}{5000}$; déjà, au bout de 24 heures, la racine est molle. En recherchant le fer par le ferricyanure ou le ferrocyanure de potassium, on voit qu'il a pénétré dans le cylindre central de la racine (fig. 1-2). Le protoplasme est fortement coloré. On ne trouve pas de fer dans la tige ; nous verrons, en effet plus loin, que le sulfate de fer est fortement absorbé par les tissus végétaux, ce qui empêche sa diffusion rapide.

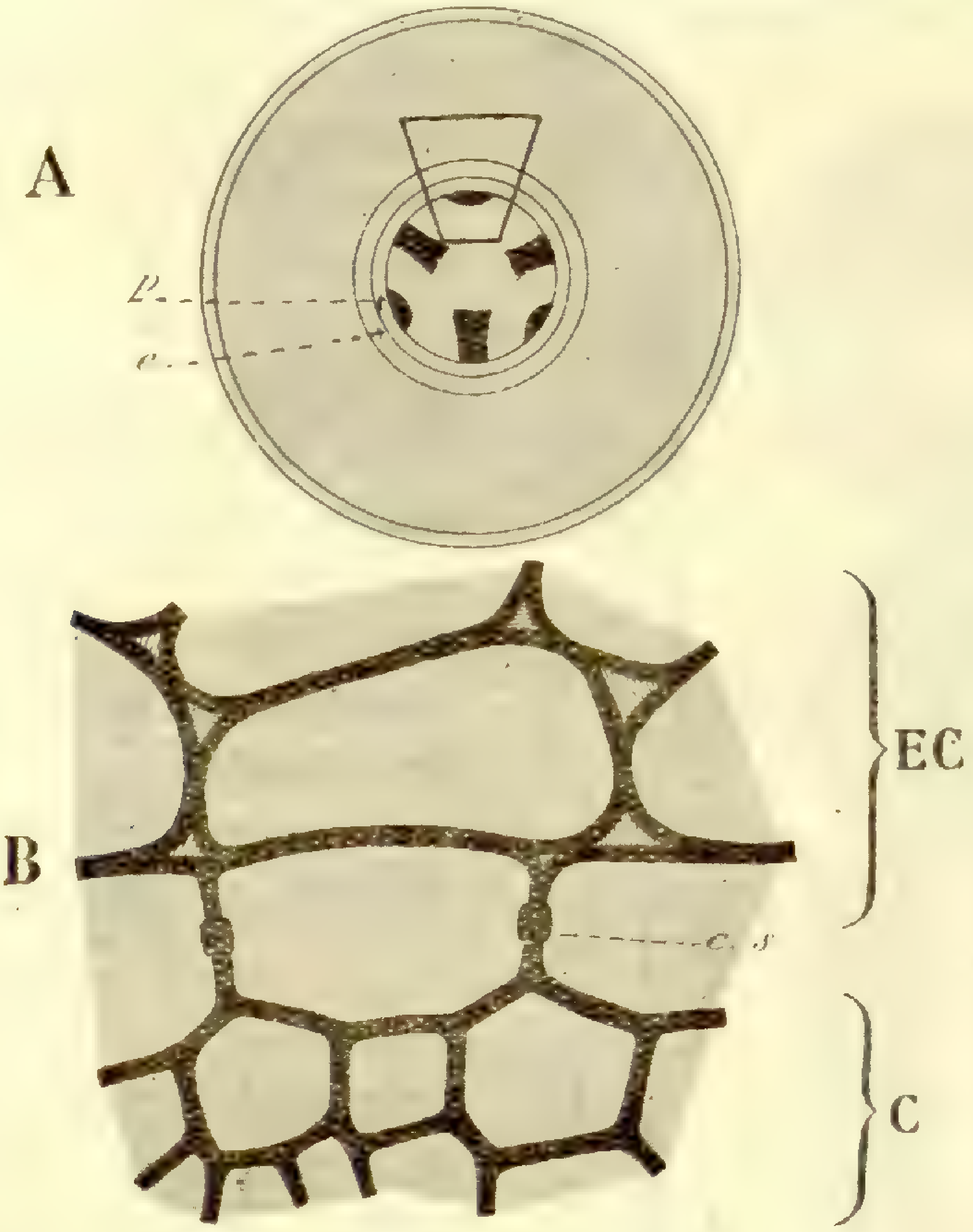


Fig. 1-2. — La racine est tuée, le sel pénètre dans le protoplasme et la membrane.
A) Schéma. — *e*, endoderme ; *p*, péricycle : le grisé indique la pénétration du sel dans l'écorce et le cylindre central.
B) Détail. — *EC* écorce ; *cs*, cadres subérisés ; le trait plein indique que les parois des cellules sont colorées ; *C* cylindre central ; le grisé indique que le protoplasme est coloré.

Si nous replaçons une plante dans l'eau, nous verrons la racine rester molle, puis se décomposer.

Il semble donc ici : 1° Que la racine ait été tuée par le sulfate de fer; 2° Que le protoplasme mort ait absorbé fortement le sulfate de fer.

2^{me} **Concentration.** — *Sulfate de fer* : $\frac{1}{15000}$ · $\frac{1}{20000}$ ·

a) L'expérience dure 24 heures.

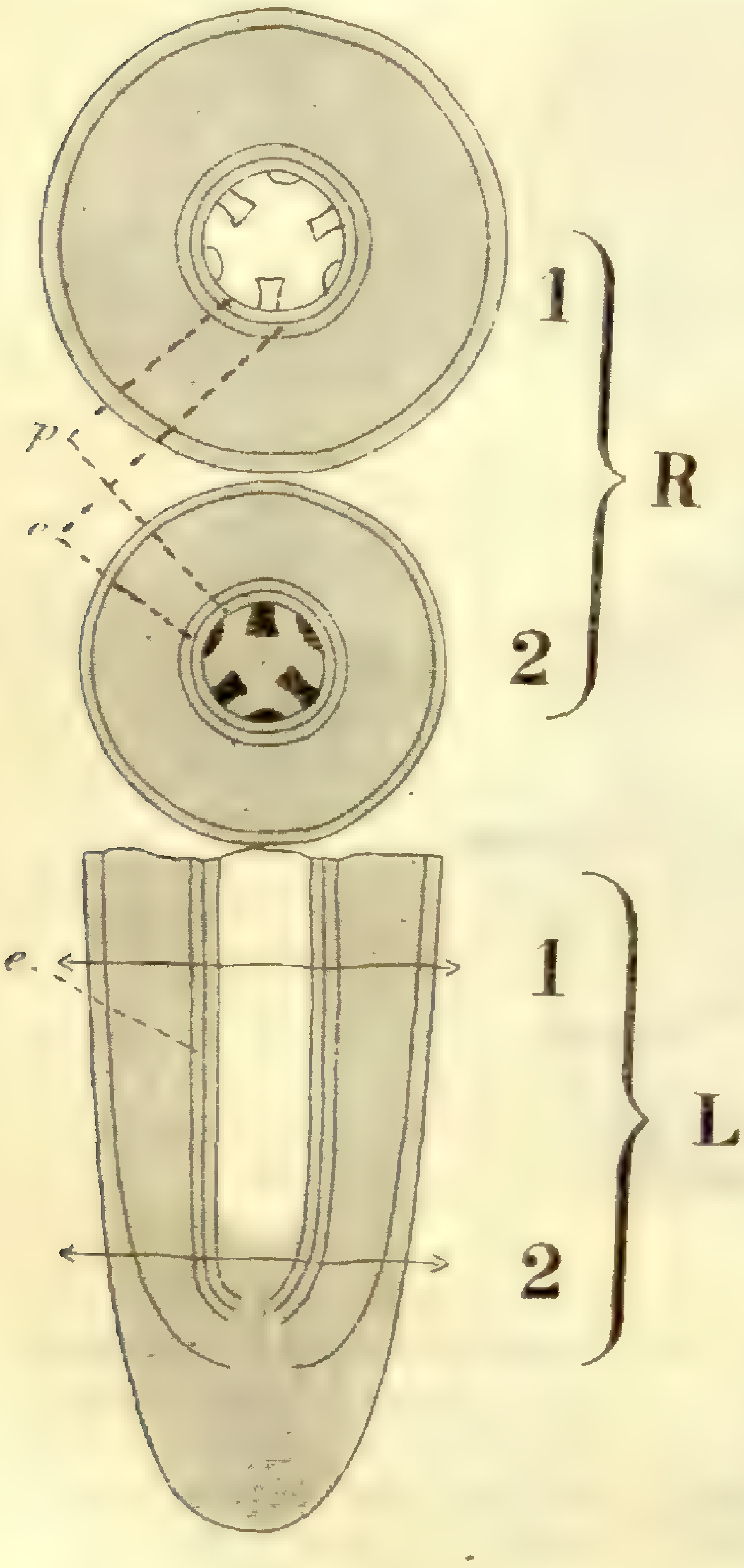


Fig. 3-5. — Le sel pénètre dans l'extrémité de la racine.
L) Coupe longitudinale.
R) Coupes radiales en 1 et 2.

Au bout de 24 heures, les plantes sont retirées de la solution de sulfate de fer et sectionnées. Par le ferricyanure seul, on obtient une localisation du fer décrite plus loin.

La localisation est la même par le ferrycyanure additionné d'une goutte d'acide chlorhydrique, seulement la teinte bleue que prennent les parois des cellules est plus intense. Une certaine quantité de fer s'était donc insolubilisée.

Voici les principaux résultats de cette expérience :

I. *Aspect extérieur.* — La racine, retirée de la solution, est turgescente, sauf l'extrémité qui est quelquefois molle. Si on replace les plantes dans l'eau distillée, on remarque que les racines ne croissent plus en longueur, et qu'il se forme de nouvelles racines latérales, un peu partout, sur la racine principale.

II. *Etude microscopique.*— Sur des coupes, on remarque : 1° une accumulation du sulfate de fer, à l'extrémité de la racine principale, et des racines latérales (ces racines, nous venons de le voir, ont perdu la faculté de s'allonger).

2° Une petite pénétration du fer à la sortie des radicelles (fig. 3-5). 3° Un arrêt très net du sulfate de fer au niveau des cadres subérisés de l'endoderme partout ailleurs (fig. 6-7). 4° L'absence de coloration du protoplasme de l'endoderme, ainsi que de celui des cellules de l'écorce, c'est-à-dire, que le protoplasme vivant ne semble pas absorber le sulfate de fer et que la pénétration de ce sel semble se faire uniquement par la cellulose. 5° On ne trouve pas de fer dans la tige par le ferricyanure additionné d'une goutte d'acide chlorhydrique.

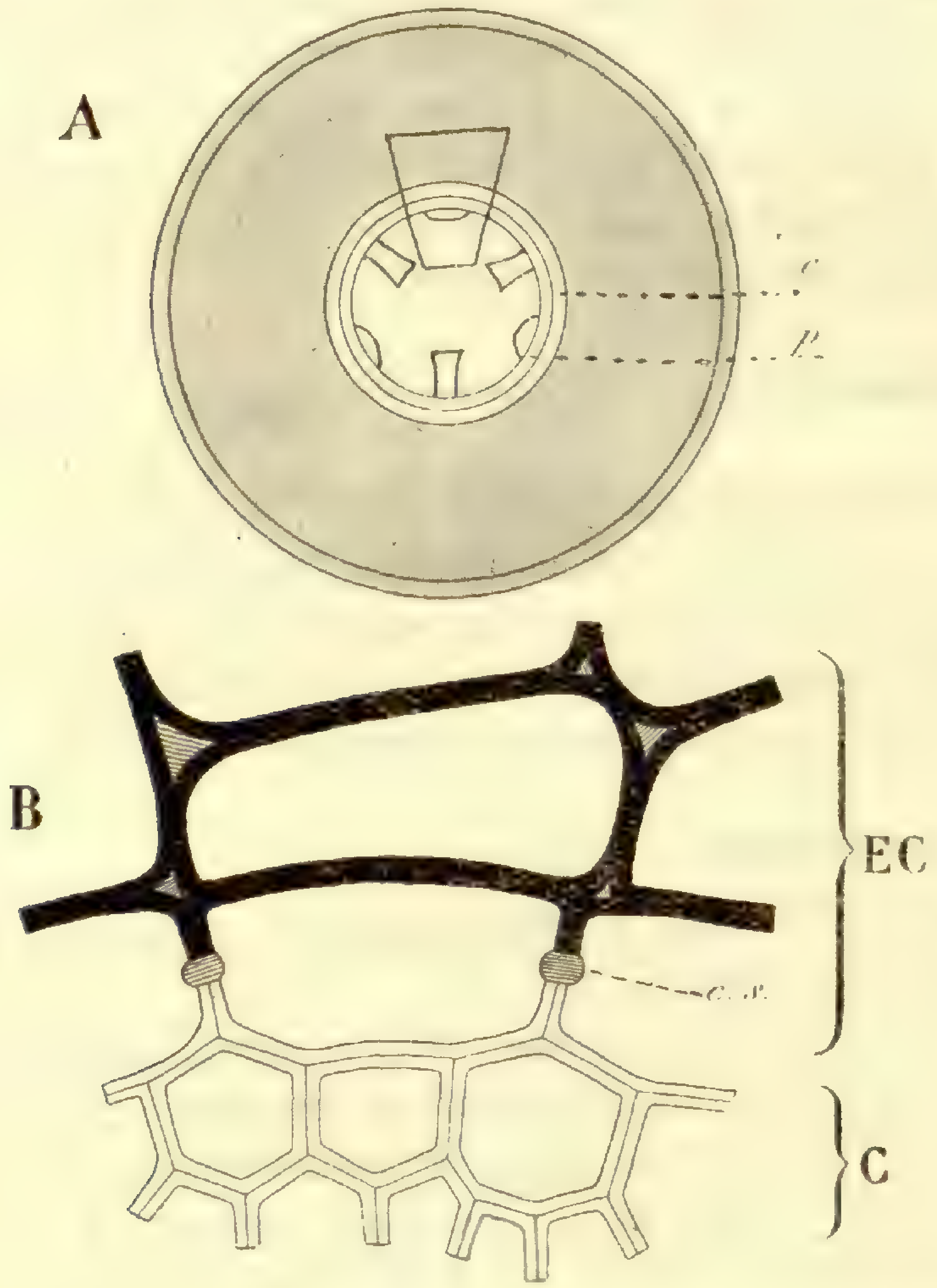


Fig. 6-7. — Le sel, s'arrête contre les cadres subérisés de l'extérieur à l'intérieur.
A) **Schéma.** — Le sel ne pénètre que dans l'écorce.
B) **Détail.** — Le trait plein indique que le sel a pénétré dans les parois des cellules de l'écorce. Le protoplasme non coloré n'est pas indiqué.

b) La durée de l'expérience est supérieure à 48 heures.

L'expérience peut durer 48 heures ou un temps plus long. L'aspect extérieur de la racine est le même que précédemment, mais l'on ne trouve plus de fer soluble dans la racine; le fer semble en effet, s'être déposé dans les membranes cellulosiques de l'écorce, auxquelles il communique une teinte jaune. Cette teinte jaune s'arrête à l'endoderme. En traitant les coupes par du ferricyanure chlorhydrique, on voit une coloration bleue apparaître dans la membrane, là où il y avait une coloration jaune ; cette coloration bleue s'arrête aux cadres subérisés de l'endoderme.

Les autres résultats sont les mêmes que dans l'expérience précédente (pas de fer dans la tige, etc.).

3^me^ **Concentration.** *Sulfate de fer* : $\frac{1}{30000}$ à $\frac{1}{50000}$.

En employant des concentrations de $\frac{1}{15000}$ à $\frac{1}{20000}$, l'extrémité de la racine perdait quelquefois sa turgescence. Ici, l'extrémité de la racine est toujours turgescente, mais elle ne s'allonge plus. Sur des coupes longitudinales, on remarque d'ailleurs que le point végétatif est chargé de fer comme précédemment.

4^me^ **Concentration.** — $\frac{1}{280000}$

Ici on n'observe plus de pénétration à l'extrémité de la racine, ni à la sortie des radicelles.

Sur une section transversale, dans la partie absorbante de la racine, on peut encore constater que le fer pénètre jusqu'à l'endoderme et s'arrête au niveau des cadres subérisés.

Une plante, remise dans l'eau pure, continue à allonger ses racines; ainsi dans ce dernier cas, toute trace de toxicité a disparu de la solution. Précédemment (sulfate de fer : $\frac{1}{30000}$ à $\frac{1}{50000}$), l'arrêt dans l'allongement des racines indiquait que la solution était encore légèrement toxique.

Résultats obtenus avec le sulfate de fer.

Pour plus de clarté, je résume maintenant les résultats obtenus dans cette première série d'expériences :

a) Pour des concentrations inférieures à $\frac{1}{15000}$, le sulfate de fer est arrêté, dans la racine, au niveau des cadres subérisés.

b) Le protoplasme vivant n'absorbe pas sensiblement le sulfate de fer.

c) Quand le sulfate de fer se décompose, le fer se dépose dans la membrane.

d) Pour aucune concentration, on n'observe de pénétration du fer dans la tige.

e) L'extrémité de la racine absorbe le fer pour des concentrations supérieures à $\frac{1}{280000}$. Pour des concentrations inférieures ou égales à $\frac{1}{280000}$, l'extrémité n'absorbe pas le fer et la racine remise dans l'eau continue à s'allonger.

Pour des concentrations supérieures à $\frac{1}{20000}$, l'extrémité est tuée en général.

Pour des concentrations inférieures à $\frac{1}{20000}$, l'extrémité est toujours turgescente. Dans ces deux derniers cas, l'extrémité de la racine ne peut plus s'allonger. J'ai obtenu des résultats analogues avec le Haricot, le Maïs, le Soleil du Périgord et le Colza.

Il n'y a pas lieu de s'étonner outre mesure de la toxicité du sulfate de fer pour des concentrations aussi faibles, car l'extrême affinité du sulfate de fer, pour les tissus morts de la plante (la cellulose en particulier), doit amener rapidement la cellule dans un milieu d'une concentration bien supérieure à celle de la solution.

Il suffira, pour se faire une idée de l'affinité du sulfate de fer pour la cellulose, de dire qu'un morceau de moelle de sureau de quelques centimètres cubes, agité et pressé dans 10 centimètres cubes d'une solution de sulfate de fer à $\frac{1}{2000}$, suffit à priver la solution du fer qu'elle contient. — Ce fer est passé à l'état de teinture sur la moelle de sureau dans laquelle on peut le déceler par le ferricyanure seul. Il est aussi nécessaire de dire que les concentrations précédentes ne sont exactes que pour des plantes non exposées à une lumière intense, l'évaporation augmentant considérablement la toxicité de la solution.

2^{me} Expérience

But. — Je recherche si les cadres subérisés arrêtent les sulfates de fer de l'intérieur à l'extérieur.

Résultats. — L'extrémité de la racine étant sectionnée, la plante est placée dans une solution de sulfate de fer, à $\frac{1}{30000}$

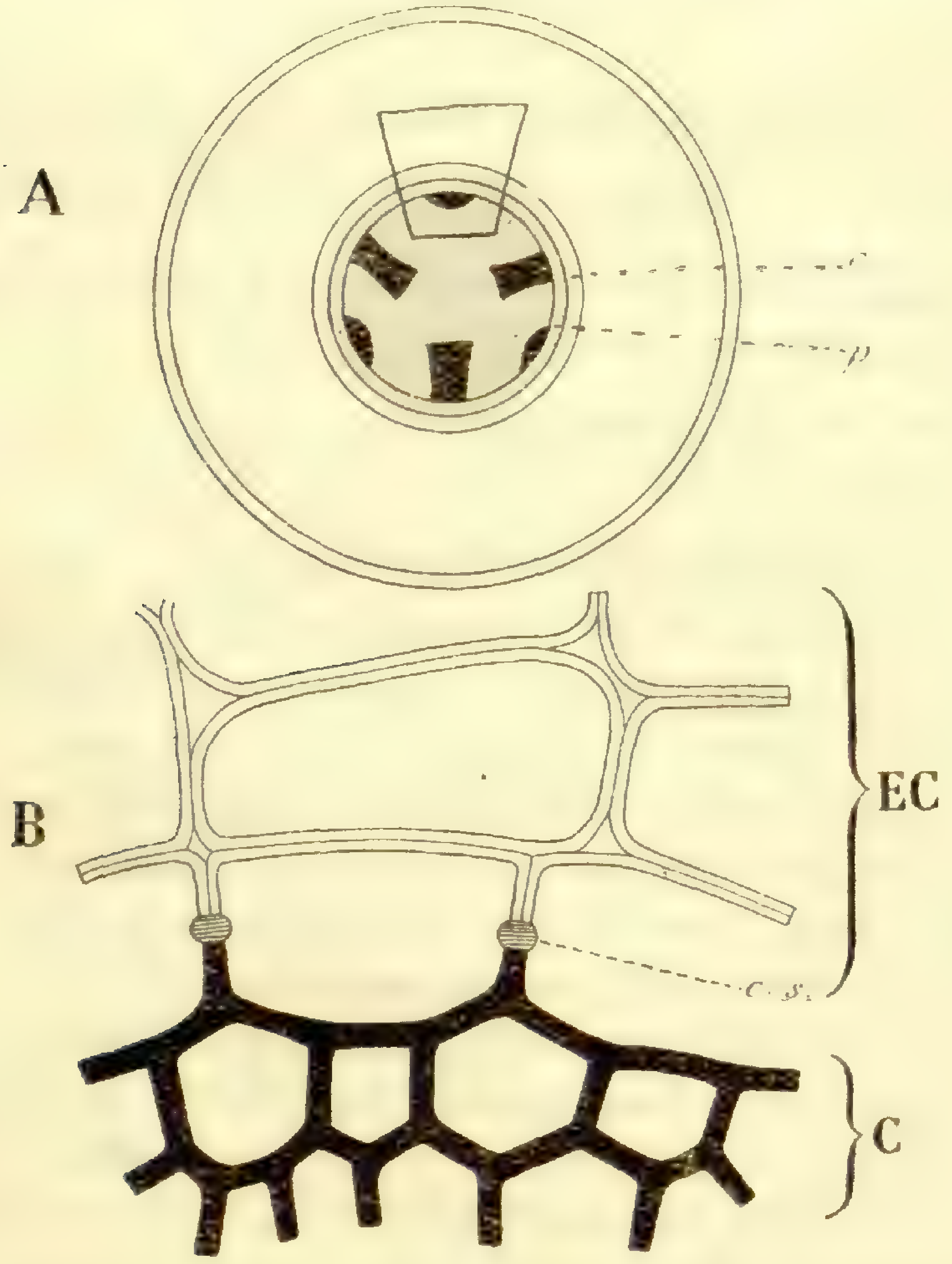


Fig. 8-9. — Le sel s'arrête contre les cadres subérisés de l'intérieur à l'extérieur.
A) Schéma. — Le sel ne pénètre que dans le cylindre central.
B) Détail. — Mêmes lettres que précédemment.

par exemple ; à cause, sans doute, de l'évaporation par les feuilles, le fer monte plus haut dans le cylindre central que dans l'écorce (à partir de la section).

Si on fait des coupes dans une partie de la racine suffisamment éloignée de la section; on voit en traitant les coupes par le ferricyanure chlorhydrique, que le fer s'arrête contre l'endoderme de l'intérieur à l'extérieur (fig. 8-9). J'ai refait cette expérience à diverses concentrations, les résultats sont toujours les mêmes.

3me Expérience

But : J'ai voulu savoir, dans cette troisième expérience, ce qui se passe quand l'endoderme de la racine est dépourvu de cadres subérisés.

Résultats. — Je me suis adressé à de jeunes germinations dans lesquelles la racine commence à sortir; à cet état, les cadres subérisés ne sont pas encore différenciés dans l'endoderme

Les pois sont placés dans des solutions de sulfate de fer dont la concentration varie de $\frac{1}{20000}$ à $\frac{1}{5000}$

En faisant des coupes, au bout de 24 à 48 heures dans les racines turgescentes et en traitant ces coupes par du ferricyanure chlorhydrique, on observe que toujours les deux parois interne et externe de l'endoderme sont colorées. La coloration s'étend plus ou moins au péricycle et au parenchyme du cylindre central. Le cylindre central, chez les pois en germination, se compose de cellules jeunes, dont les membranes ont en partie les propriétés du protoplasme, ce qui complique beaucoup les choses.

J'ai, d'ailleurs, l'intention de revenir sur cette question.

PLANTES POSSÉDANT UNE ASSISE SUBÉREUSE NETTE DANS LA RACINE

(*ex.* : *Jacinthe*).

Je me suis servi de la Jacinthe, qui possède une assise subéreuse nette dans la racine.

Le sulfate de fer a été employé à des concentrations de $\frac{1}{20000}$, $\frac{1}{30000}$, $\frac{1}{50000}$.

L'expérience a une durée d'au moins 24 heures. Voici ce qu'on observe relativement à la pénétration du fer, en faisant des coupes transversales, de bas en haut, dans la racine :

1° Vers l'extrémité de la racine, là où l'assise subéreuse n'est pas encore subérisée, le fer pénètre jusqu'à l'endoderme.

2° Plus haut, là où l'assise subéreuse est subérisée, le fer s'arrête contre les parois externes de l'assise subéreuse (fig. 10-13).

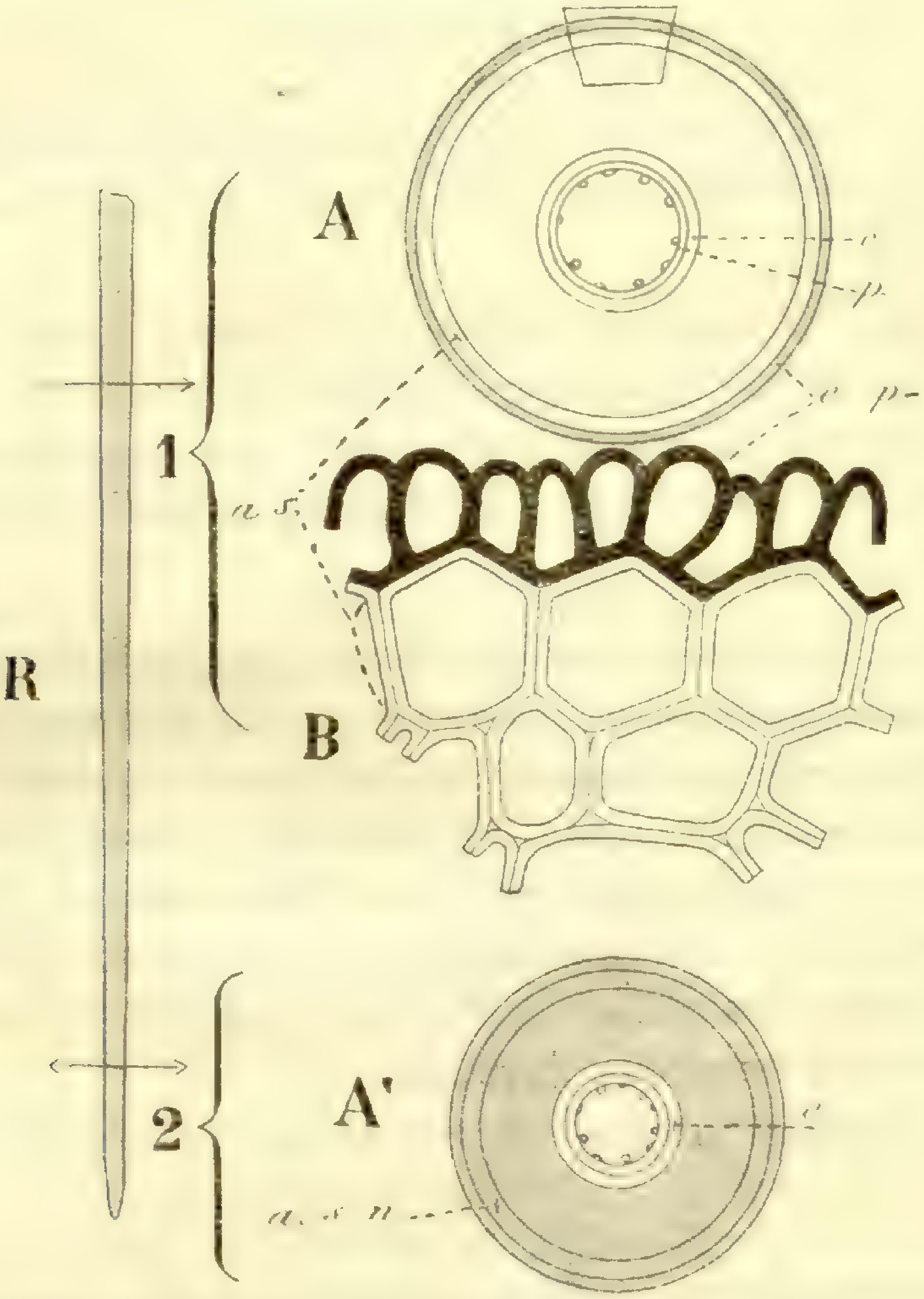


Fig. 10-13. — R) Racine de Jacinthe coupée en 1 et 2;
Coupe 1. — A) Schéma : *e*, endoderme ; *p*, péricycle ; *as*, assise subéreuse subérisée ; *cp*. épiderme.
B) Détail. L'assise subéreuse subérisée empêche le sel de pénétrer dans l'écorce.
Coupe 2. — A') *asn*, assise subéreuse non subérisée le sel n'est pas arrêté.
Le protoplasme non coloré n'est indiqué nulle part.

Nous sommes donc en droit de conclure que le liège de l'assise subéreuse arrête le sulfate de fer.

*
* *

Conclusions des expériences avec le sulfate de fer.

Nous constatons pour des concentrations convenables, un arrêt du sulfate de fer : 1° Contre le liège de l'assise subéreuse ; 2° Contre le liège de l'endoderme, de l'intérieur à l'extérieur, et de l'extérieur à l'intérieur.

En outre, comme en l'absence de liège dans l'endoderme, le sulfate de fer n'est pas arrêté, nous pouvons conclure :

1° Que le liège de l'endoderme arrête le sulfate de fer.

2° Que pour des concentrations inférieures à $\frac{1}{15000}$, le sulfate de fer ne traverse pas le protoplasme de l'endoderme.

⁂

Autres substances ne pénétrant pas dans le protoplasme.

J'ai obtenu des résultats analogues avec l'azotate, le protochlorure de fer, le tartrate de fer, le citrate de fer, l'azotate et l'acétate de plomb, la safranine, le vert d'iode, la fuchsine, le vert de méthyle, l'éosine, l'azotate de rosaniline. Quelques-uns de ces sels sont absorbés fortement par les éléments morts de la plante. Ils se diffusent mal et pénètrent peu par une section. C'est le cas des sels précédents, sauf le citrate de fer et l'éosine, qui diffusent relativement bien. Il importe de dire que je ne me suis occupé, dans les expériences précédentes, que de l'arrêt du sel lui-même contre l'endoderme et non de ce que peuvent devenir l'acide et la base de ce sel. Ainsi, dans le cas du sulfate de fer et du citrate, le fer ne pénètre pas sensiblement dans le cylindre central, comme on peut le montrer, en séparant mécaniquement le cylindre central de l'écorce. Tandis que les acides, une fois libérés, se diffusent dans toute la plante probablement sous forme de sels alcalins.

B. — SUBSTANCES PÉNÉTRANT DANS LE PROTOPLASME

Je prends maintenant l'exemple du sulfocyanure d'ammonium, qui pénètre dans la plante, à la fois par la cellulose et le protoplasme, sans qu'il se passe rien de remarquable au niveau de l'endoderme. Aussi l'absorption de ce sel sera-t-elle vite traitée.

J'emploie le sulfocyanure d'ammonium aux concentrations suivantes : $\frac{1}{2000}$, $\frac{1}{4000}$, $\frac{1}{80000}$, $\frac{1}{100000}$.

Toutes ces concentrations donnent des résultats analogues, au point de vue de la pénétration du sel dans la plante. La durée des expériences est de 1 à 15 jours.

Le sulfocyanure est décelé par le perchlorure de fer dilué et l'ammoniaque, par le réactif de Nesseler (réactif qui s'obtient en ajoutant un peu de potasse à une solution d'iodure mercurique dans l'iodure de potassium). Voici les principaux résultats :

1° Les racines, retirées des solutions de sulfocyanure, sont turgescentes; remises dans l'eau, elles continuent à s'accroître;

2° Sur des coupes transversales dans la racine, on observe une pénétration uniforme du sulfocyanure. Il ne se passe rien de particulier au niveau de l'endoderme. Le protoplasme est coloré.

3° On trouve toujours du sulfocyanure et de l'ammoniaque dans la tige. Le protoplasme est aussi nettement coloré (une fois traité par le perchlorure de fer, ou le réactif de Nesseler). Le sulfocyanure pénètre donc dans le protoplasme. Est-il capable de traverser le liège ? Pour le savoir, je me suis adressé à la jacinthe.

J'ai répété la même expérience qu'avec le sulfate de fer, en remplaçant ce dernier sel par le sulfocyanure à $\frac{1}{2000}$.

Sur des coupes faites à la partie inférieure des racines, là où le liège de l'assise subéreuse n'est pas différencié, on observe une pénétration du sulfocyanure dans l'écorce et le cylindre central. Dans la partie supérieure de la racine, on n'observe pas de pénétration du sulfocyanure dans l'écorce (fig. 14-17).

Le sulfocyanure ne traverse donc pas le liège.

L'expérience doit être de courte durée, 24 heures au plus, car, au bout d'un certain temps, le sulfocyanure, absorbé dans la partie inférieure de la racine, monte dans la partie non absorbante.

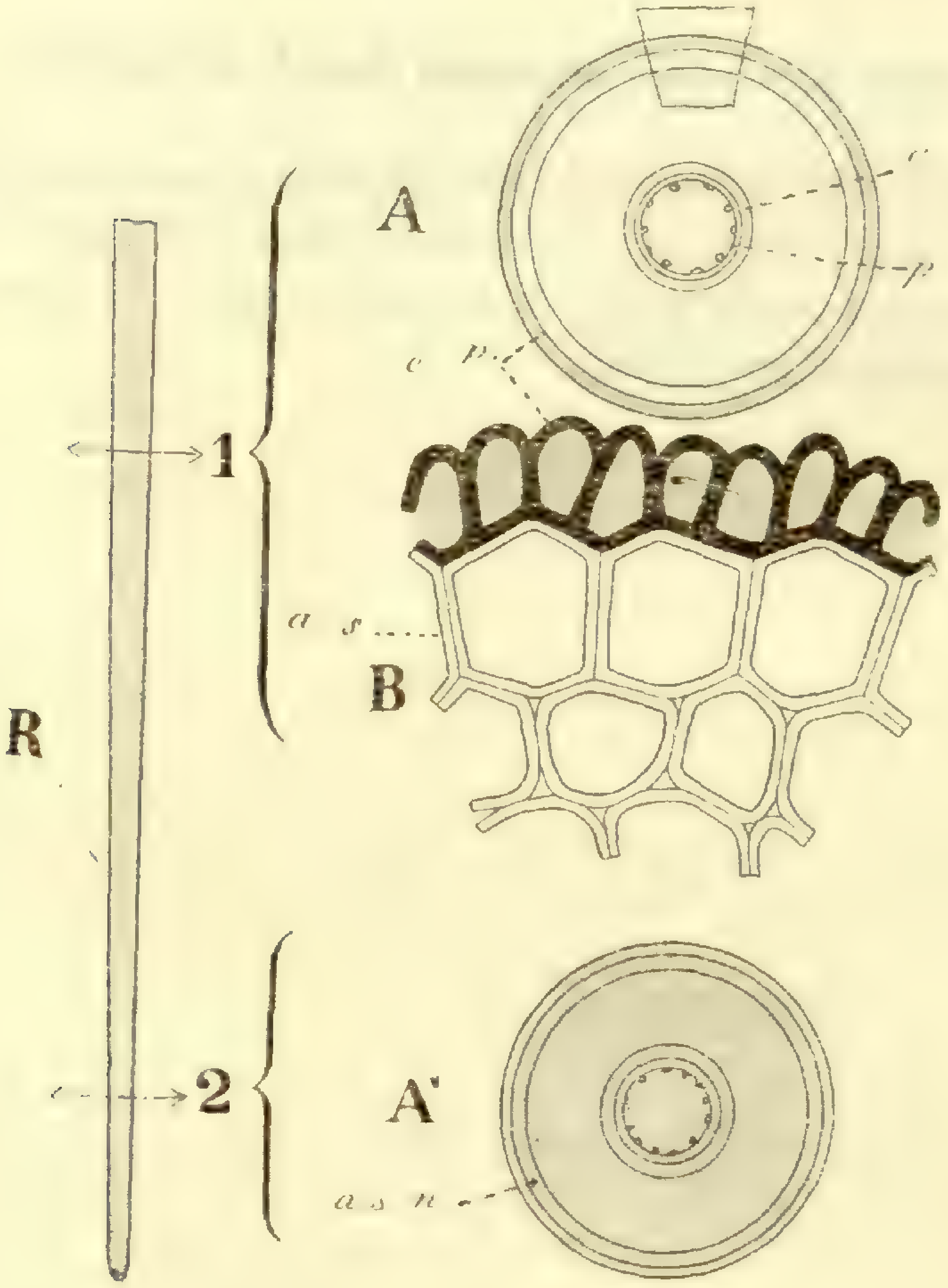


Fig. 14-17. — R) Racine de jacinthe coupée en 1 et 2.

Coupe 1. — A) Schéma ; mêmes lettres que précédemment.

B) Détail ; l'assise subéreuse subérisée empêche le sel de pénétrer dans l'écorce. Le grisé indique le protoplasme coloré.

Coupe 2. — A) Mêmes lettres que précédemment, le sel a pénétré dans la membrane et le protoplasme.

Conclusion des expériences avec le sulfocyanure d'ammonium.

Le sulfocyanure pénètre dans le protoplasme; ceci suffit déjà à expliquer sa diffusion dans la plante, même si l'endoderme subérisé existe. Comme le sulfocyanure ne traverse pas le liège, nous sommes en droit de conclure que ce sel, pour pénétrer dans la plante, doit passer à travers le protoplasme de l'endoderme.

Autres substances pénétrant dans le protoplasme.

Cette règle doit sans doute être étendue à un grand nombre de sels et en particulier aux azotates et aux chlorures alcalins et alcalinoterreux pour lesquels j'ai obtenu les mêmes résultats qu'avec le sulfocyanure d'ammonium.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Il ressort, des expériences avec le sulfate de fer et le sulfocyanure d'ammonium, que les cadres subérisés sont imperméables et qu'un sel, pour pénétrer dans la plante, doit passer à travers le protoplasme de l'endoderme. Nous pouvons considérer l'ensemble du protoplasme des cellules de cet endoderme comme une membrane vivante entourant le cylindre central; cette membrane, nous l'avons vu, exerce naturellement une élection vis-à-vis des sels qui ne pénètrent pas dans le protoplasme. Elle arrêterait, sans doute, de même les sels qui seraient incapables de diffusion, une fois entrés dans le protoplasme. Je n'ai pas eu, d'ailleurs, à m'occuper de ces sels qui sont généralement si fortement absorbés par les tissus de l'écorce, qu'ils ne peuvent arriver jusqu'à l'endoderme. Nous pouvons remarquer, en passant, que l'on ne connaît pas actuellement, de membrane inerte qui se laisserait traverser par le sulfocyanure d'ammonium, l'iodure de potassium, les chlorures et les azotates alcalins et alcalinoterreux, etc., et qui serait en même temps imperméable aux sels de fer et de plomb ainsi qu'aux colorants dont il a été question précédemment. Il est fort possible qu'une pareille membrane puisse exister, mais, en attendant qu'elle soit découverte, nous pouvons regarder la membrane endodermique comme douée de propriétés très spéciales. Rien ne nous permet d'affirmer cependant que les propriétés électives de la racine soient d'une utilité quelconque pour la plante, vivant dans les conditions normales, c'est-à-dire dans le sol. Le sol peut, en effet, ne contenir que des substances capables de pénétrer dans le protoplasme. La membrane endodermique n'aurait peut-être ainsi qu'un rôle d'élection quantitatif qu'il faudrait, bien entendu, prouver par des expériences directes : je compte d'ailleurs revenir sur ces questions.

(Travail fait au Laboratoire de Botanique de la Sorbonne, dirigé par M. Gaston Bonnier.)

SUR LES GRAINES ET TUBERCULES DES TOMBEAUX PÉRUVIENS

de la Période Incasique

Par MM. COSTANTIN et BOIS

On a trouvé à plusieurs reprises de nombreuses graines et plantes dans les tombeaux de l'ancien Pérou et ces restes intéressants de la civilisation des Incas ont déjà été l'objet des recherches de M. de Rochebrune (1) et de M. Wittmack (2) qui ont successivement examiné les objets découverts dans des sépultures d'Ancon. A cette étude du passé, nous voulons ajouter aujourd'hui un document nouveau se rapportant aux fouilles faites dans les cimetières de Pachacamac, principalement de Chorrillos, d'Ancon et de la Rinconada (environs de Lima), par M. le capitaine Berthon qui a séjourné pendant cinq ans au Pérou et a recueilli des documents archéologiques de grande valeur.

On a émis autrefois quelques doutes sur l'antiquité des sépultures d'Ancon. M. Hamy, dans une conférence faite au Musée d'Etnographie le 19 février 1878, avait fait notamment des réserves sur l'âge de ces tombes. M. Mortillet (3), en soutenant une doctrine semblable, s'appuyait sur la présence de Haricots dans ces nécropoles, « légume, disait-il, qui appartient essentiellement à l'ancien continent. »

Il a été longtemps admis, en effet, que le Haricot vulgaire était d'origine asiatique et on trouve dans l'ouvrage de de Candolle sur

---

(1) *Recherches d'Etnographie sur la Flore des sépultures péruviennes d'Ancon* (Actes de la Soc. Linn. de Bordeaux, XXXIII, 4^{e} série, t. II, p. 343).

(2) Reiss und Stübel. *Das Todten feld von Ancon*, 3 vol. in-4°, 1880-87. Le 3^{e} volume contient l'étude botanique de M. Wittmack.

Wittmack (Bot. Vereins Brandenburg, 19 déc. 1879).

(3) Mortillet. *Le cimetière d'Ancon* (Bull. de la Soc. d'Anthrop., 1875. — *La Nature*, 1877).

« l'origine des plantes cultivées », publié en 1883, l'écho de cette opinion (1); mais cet auteur ayant eu connaissance des déterminations faites par M. de Rochebrune et M. Wittmack concernant les graines trouvées dans les tombeaux péruviens, il hésita à adopter la manière de voir précédente et l'opinion d'une origine américaine du Haricot lui parut presque admissible. Il était très frappé de ce fait que, sur la liste des cinquante espèces rencontrées dans les nécropoles péruviennes, il n'y avait que des plantes nettement américaines : « Je n'en vois pas une seule qu'on puisse soupçonner d'origine européenne. Evidemment, ou ces graines ont été déposées avant la conquête, ou dans certains tombeaux, qui sont peut être d'une époque subséquente, les habitants ont eu soin de ne pas mettre des espèces d'origine étrangère. C'était assez naturel, selon leurs idées, puisque l'usage de ces dépôts de plantes n'est pas venu de la religion catholique, mais remonte aux coutumes et opinions des indigènes. La présence du Haricot commun parmi ces plantes américaines me paraît donc significative, quel que soit l'âge de ces tombeaux. »

On sait très bien que ces tombes d'Ancon sont anciennes. Ancon fut découvert, ou plutôt reconnu et exploré la première fois en 1533 par les émissaires de Pizarre. Le nombre immense des antiquités trouvées en ce point est la réponse péremptoire à ceux qui disent que cette nécropole appartient à la décadence incasique.

Les recherches approfondies faites par M. le capitaine Berthon dans ces dernières années confirment tout à fait cette opinion de l'ancienneté de ces tombes; il croit fermement que les graines découvertes par lui sont précolombiennes et qu'elles correspondent à la période incasique s'étendant du XII^e^ siècle au XV^e^ siècle de notre ère.

Il est très possible cependant que *quelques* tombes explorées soient d'une époque postérieure à la conquête espagnole (on y a rencontré, en effet, parfois des grains de verre qui indiquent une origine européenne) mais c'est là une infime exception et cette remarque ne contredit en rien la portée des résultats qui vont être exposés.

L'arrivée des Espagnols, nous écrit M. Berthon, « a mis fin à la période incasique, mais non aux coutumes et en particulier aux modes d'ensevelissement. Comme les graines des tombeaux se rencontrent dans la presque totalité des cas sans objets européens, il n'y a pas lieu de penser qu'on se trouve en présence de graines importées. »

---

(1) Pages 270-275.

MM. Reiss et Stübel se sont arrêtés à une opinion analogue et M. Wittmack n'a pas hésité à affirmer, dans ses recherches les plus récentes, que la découverte des Haricots dans les tombes péruviennes était une preuve certaine en faveur de leur origine américaine. Il s'est livré d'ailleurs à ce sujet à une critique approfondie de tous les textes anciens se rapportant à cette question; il a montré que partout où l'on avait cru trouver des arguments en faveur de l'existence du *Phaseolus vulgaris* dans l'Ancien Monde avant la découverte de l'Amérique, il s'agissait du *Dolichos melanophthalmus* De Candolle; jamais on n'a signalé la présence du Haricot ni dans les sépultures de l'ancienne Egypte, ni dans les tombes de Troie (Issarlik), ni dans les habitations lacustres, ni dans aucune sépulture ancienne du Vieux Monde (1). MM. Asa Gray et Trumbull avaient d'ailleurs, dès 1883, cité une série de textes, tirés des premiers écrivains européens ayant parlé de l'Amérique, qui plaidaient tout à fait en faveur de la culture du Haricot avant la découverte du Nouveau Monde, non seulement dans l'Amérique du Sud, mais aussi dans l'Amérique du Nord (2).

La conclusion de toute cette enquête, c'est que l'origine du Haricot vulgaire que de Candolle regardait en 1883 encore comme douteuse (1) peut être considérée maintenant, avec une très grande probabilité, comme américaine et l'objection de Mortillet contre l'ancienneté des tombes péruviennes tirée de la présence des Haricots est sans valeur.

---

(1) Wittmack. *Ueber unsere jetzige Kenntniss vorgeschichtliche Samen* (59 Versammlung deutscher naturforscher und Aerste in Berlin, 18-24 sept. 1886). — *Die Heimath der Bohne und Kürbisse* (Berichte d. deutsch. Bot. Gesells. VI. p. 374-380). — *Antike Samen aus Troja und Peru* (Monatschrift d. Ver zur Beförd d. Gartenb. und. K. preuss. Staaten XXIII, 1880, p. 120-121). — *Die Nutzpflanzen der alten Peruáner* (Congrès intern. des américainistes, sess. de Berlin, 1888, publié en 1890, p. 325).

L'opinion de M. Wittmack a été adoptée par M. Fischer Benzon (*Altdeutsche, Gartenflora*, 1894, p. 98) qui s'est livré à une étude critique de tous les textes anciens et du Moyen Age. — Voir aussi : Wittmack. *De l'origine du Haricot commun* (Journ. Soc. Nat. d'Hort. de France, 1897, p. 155). Bonnet (Journal de Bot., 1897, p. 14, 35, 48).

(2) American Journal of science XXV, 1883, p. 370-374. — Wittmack (B. d. Deutsch. bot. Ges. VI) signale la présence de Haricot dans d'anciens tombeaux de l'Arizona.

Ce résultat est d'un haut intérêt et les savants de notre époque accomplissent une œuvre de justice en s'efforçant d'établir, sur une base ferme, la liste de tout ce que l'Europe doit à la civilisation des Incas. Le rôle capital que jouent dans nos cultures la Pomme de terre, le Maïs et le Haricot justifient l'immensité de la dette contractée par l'Ancien Monde à l'égard du Nouveau à la suite de la découverte de Christophe Colomb.

Ces remarques préliminaires étant faites, nous allons maintenant passer en revue les diverses graines et tubercules trouvés par M. le capitaine Berthon dans les tombes qu'il a explorées. Deux classes d'objets sont à mentionner : d'abord, en première ligne (surtout à cause de leur abondance), les Haricots et les Maïs ; ensuite les autres graines ou tubercules, en général représentés par un petit nombre d'échantillons, quelquefois un ou deux et qui devaient de ce fait jouer un rôle subordonné.

I. GRAINES ET FRUITS

HARICOTS ET AUTRES LÉGUMINEUSES

a. — *Phaseolus vulgaris* Linné.

M. Wittmack dans l'Atlas de Reiss et Stübel (Ancon) a figuré deux variétés du Haricot commun, *Phaseolus vulgaris*, sous les noms de *P. oblongus* Savi et *ellipticus*, mais il n'y a cependant pas identité complète entre aucun de nos Haricots (fig. 1) et ceux de l'auteur allemand. Il y a notamment, une différence de couleur ; la plupart des nôtres sont d'un noir brillant intense qui n'a pas été signalé par M. Wittmack.

Il y a une forme de Haricot remarquable, tout petit, presque sphérique ou ovoïde (n° 3, fig. 1).

---

(1) *Origine pl. cult.*, 1883, p. 360.

Enfin une autre variété curieuse est un type panaché présentant un mélange de rougeâtre orange et de noir.

C'est le *P. oblongus* surtout qui prédomine, mais il y a de grandes variations de taille et certains de nos Haricots se rattachent au *P. ellipticus.*

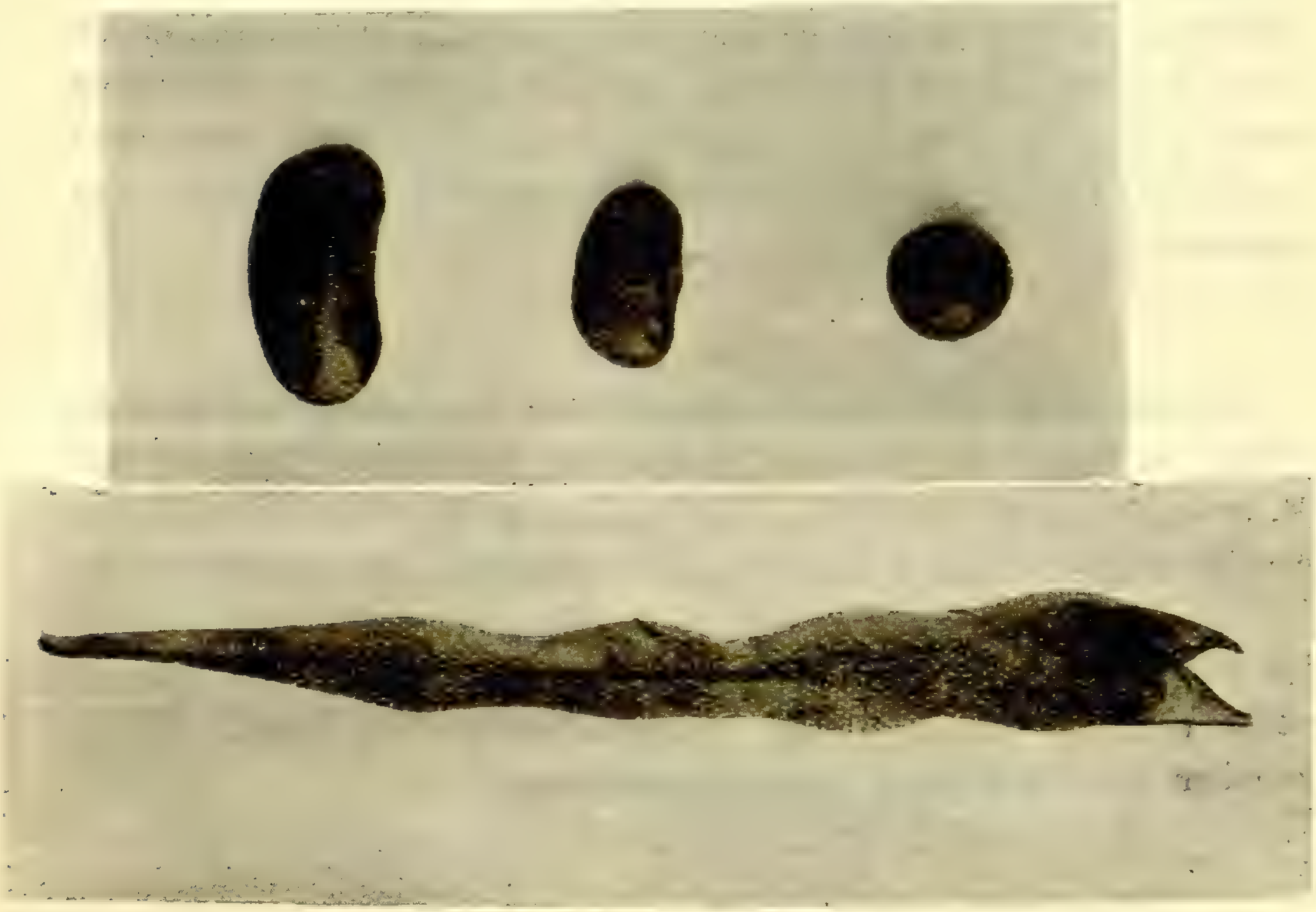


Fig. 1. — *Phaseolus vulgaris* L., var. *oblongus* et *ellipticus* ; graines et gousse.

Gousses. — Nous avons eu l'occasion d'observer des gousses en quantité notable, contenant encore quelques Haricots eux-mêmes. Nous avons pu examiner chez M. le D^{r} Capitan, auquel M. le capitaine Berthon a donné la plupart de ses collections, des corbeilles remplies de ces Haricots, telles qu'elles avaient été découvertes dans les tombeaux.

On sait d'ailleurs que les observations faites par divers explorateurs sont en accord avec les données précédentes. On a signalé la présence extrêmement fréquente des Haricots dans les tombeaux péruviens de diverses régions (1).

(1) La présence de variétés si différentes dans les tombes a probablement un sens religieux ou rituel. La momie ou l'ombre était censée faire un séjour

Les anciens péruviens connaissaient donc différentes races de Haricots et la culture de ces plantes tenait une place dans leur agriculture. M. Wittmack, d'une part, MM. Asa Gray et Trumbull, de l'autre, ont cité beaucoup de témoignages historiques en faveur de l'origine américaine du Haricot ; ils n'ont cependant pas suffisamment insisté, selon nous, sur le texte le plus ancien, celui de Gracia Lasso de la Vega. Il y a lieu cependant d'emprunter à ce premier auteur espagnol un argument important tiré de la linguistique sur lequel jusqu'ici personne n'a insisté. Cet écrivain, qui était fils d'une princesse inca et d'un espagnol, est né en 1539 ; il vint en Espagne en 1560 et mourut en 1617. Les « Commentaires Reales (1) » (qu'il publia en 1609) constituent un des documents les plus anciens et les plus authentiques non seulement sur le Pérou et les Incas, mais sur la langue des Incas, le Quichua, qui est encore parlée par les indigènes du Pérou. Or, voici comment s'exprime cet auteur : « Les Indiens du Pérou ont trois sortes de Faseuls qui ressemblent à des Fèves, hormis qu'ils sont plus petits. Ils les apprêtent diversement et les nomment *purutu* (2) ». Or, le mot *purutu* ou *poroto* est conservé dans la langue quichua actuelle et signifie bien Haricot d'après Luis Cordero (3) qui a fait une étude importante sur la

dans l'au-delà analogue au pays d'Aou, du livre des morts égyptiens, où le double devait peut être planter ces graines qui étaient placées dans sa tombe. En groupant toutes les variétés les plus intéressantes, on devait espérer un plein succès à ces cultures élyséennes.

Les coutumes conservées aujourd'hui par l'Indien de ces régions pourraient expliquer autrement ces traditions religieuses. L'indigène a l'habitude, dit Wiener, « d'avoir les mâchoires en mouvement toute la journée. Il a toujours dans une sacoche, des provisions d'œufs, de graines de Maïs rôti (*caucha*) ou de Maïs cuit *(mote)* ou encore des épis de Maïs *(chocho)* ou encore des bonbons et il les renouvelle sans cesse, comme s'il craignait d'arrêter, fût-ce un instant, la mastication ». (Wiener, *Pérou et Bolivie*, p. 690).

(1) Lasso de la Vega (Gracia) (ou Gracilasso de la Vega) *Los Commentaires reales* (trad. franç. de 1632) : Le Commentaire royal, ou l'histoire des Incas, rois du Pérou, t. II, p. 1045-1046).

(2) Dictionnaire Quichua : *Dict. Quichua-Castellana* (sans nom d'auteur) (ouvrage qui nous a été prêté par M. le docteur Rivet), p. 82 : *Purutu* (ó poroto, por corrup.).

Frejol (nom espagnol du Haricot). Markham. *Vocabularies of the general language of the Incas of Peru or Runa Simi* (called quichua by the spanish grammarians) (London, 1907, p. 125) (*purutu* a bean; frijoles of the Spaniards).

(3) Luis Cordero. *El Quichua en la Botanica* (Revista de la escuela de Medicina, Cuença, 1902) (p. II, poroto, Phaseolus, var. esp.).

concordance des noms quichua et des espèces botaniques. Il nous paraît donc prouvé, sans aucune espèce d'incertitude, que le Haricot vulgaire était connu des Incas avant l'invasion de Pizarre. Tous les faits et textes cités par MM. Asa Gray et Trumbull et M. Wittmack étaient probants ; ils concluaient d'ailleurs dans le même sens que l'argument décisif précédent.

Gracia Lasso de la Vega nous parle encore d'une autre plante qu'il désigne sous le nom de « *tarui* » mais qui ne paraît pas avoir été jusqu'ici rencontrée dans les tombeaux. Ce serait d'après Luis de Cordoba et d'après le dictionnaire Quichua (de Markham) un Lupin, le « tauri » ou *Lupinus Tauris* Bentham (1).

Si ce Lupin a échappé jusqu'ici aux explorateurs de tombes, par contre deux autres graines que l'on peut rapprocher ou confondre avec les Haricots ont été rencontrées dans les fouilles du capitaine Berthon, le *Phaseolus lunatus* Linné et le *Canavalia ensiformis* de Candolle, plantes dont nous allons maintenant parler.

b. — *Phaseolus lunatus* Linné

Acosta (né en 1540, en Espagne, entré dans la Société de Jésus en 1553, vint au Pérou en 1571 où il resta 15 ans, mourut en 1600) signale deux espèces différentes de Haricots au Pérou, les *Frisoles* et les *Pallares* (2). Les Frisoles sont certainement les Faseuls ou *Phaseolus vulgaris*, les Pallares sont évidemment ce que Molina en 1782 a appelé *Phaseolus Pallar*. Philippi (3) nous a appris en 1859 que, depuis Molina, aucun botaniste n'avait observé ce Haricot d'origine péruvienne, et qu'avant la conquête espagnole, il était cultivé par les indigènes ; on le vendait sur le marché de Santiago, au milieu du XIX^e^ siècle, sous le nom de Pallar.

M. Wittmack a figuré dans les planches de l'Atlas d'Ancon, une variété de Haricot Pallar (qu'il désigne sous le nom de *P. Pallar*) ; les graines du cimetière d'Ancon sont manifestement brun rougeâtre très foncé, on y distingue cependant des places rougeâtres (Atlas de Reiss et Stubel, Ancon, pl. 107, fig. 6 et 7).

---

(1) Cordero, *loc. cit.*

(2) Acosta. *Historia natural y moral de las Indias*, Séville, 1590, p. 245 (Trad. franç., 1598, p. 167).

(3) *Ueber die Chilenische Palme und der Pallar Molina's* (*Botanische Zeitung* 1859, n° 43, 28 oct.). — Molina *Saggio sulla storia naturale del Chili* (Bologne, 1782).

Les Haricots que nous sommes amenés à rapprocher des précédents se rattachent à plusieurs variétés : l'une est tout à fait noire ; une autre est brun rougeâtre et serait comparable au type d'Ancon ; une troisième est fauve clair, unicolore ou panachée diversement de brun noirâtre (dans ce dernier cas les graines sont un peu plus bombées). Leur caractère général est d'être très aplatis, fortement carénés. Ils sont de tous points comparables au *Phaseolus lunatus* Linné (fig. 2) que l'on appelle encore « Haricot de Lima ».

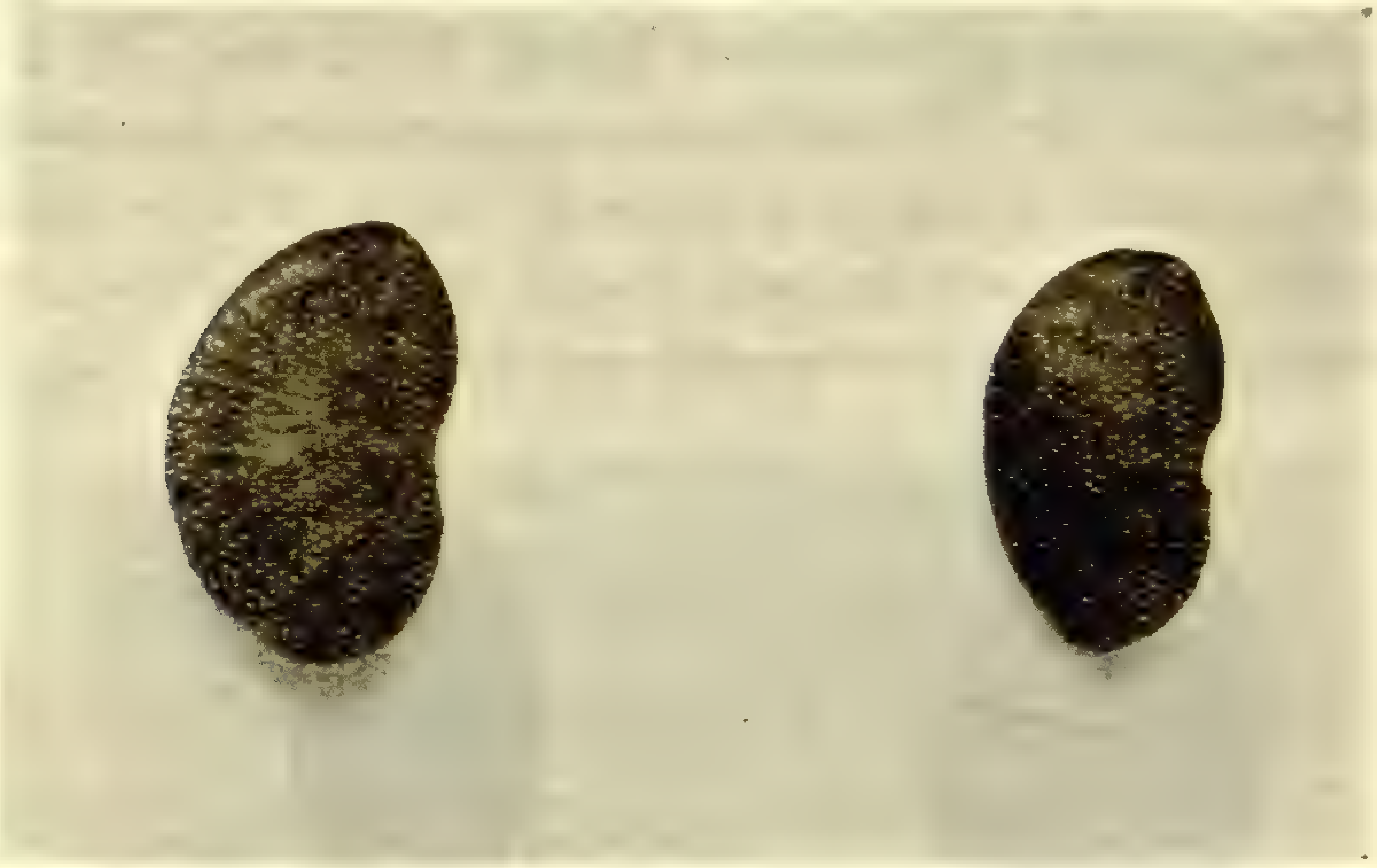


Fig. 2. — *Phaseolus lunatus* Linné.

Les Haricots que nous avons examinés ont d'ailleurs un caractère qui est indiqué par Irish (1) comme typique du *P. lunatus*, celui de présenter des stries qui s'irradient à partir du hile dans toutes les directions vers la carène dorsale.

Ce Haricot est maintenant répandu dans les cultures tropicales, c'est la variété décrite par Bentham sous le nom de *P. lunatus*, v. *macrocarpus*. Linné croyait que le *Phaseolus lunatus* était originaire du Bengale et la forme *macrocarpus*, d'Afrique, mais il n'a pas donné des preuves. M. Bentham (Flora brasil. vol. 15 p. 181) regarde l'espèce et sa variété comme essentiellement américaines (2).

La petitesse de la fleur du *P. Pallar* s'accorde d'ailleurs avec les

(1) Irish. *Garden Beans* (Twelfth annual report of the Missouri botanical Garden, 22 juin 1901).

(2) De Candolle (*Loc. cit.*, p. 276) incline évidemment vers l'opinion de Bentham.

faibles dimensions de celles du *P. lunatus*. Il ne reste que la pubescence que l'on donne comme un caractère du *P. Pallar* (feuilles et gousses), mais, dans le *P. lunatus*, var. *macrocarpus*, les feuilles sont glabres ou pubescentes.

Pour nous, le *Phaseolus Pallar* Molina n'est autre chose que le *Phaseolus lunatus* Linné et M. Wittmack incline d'ailleurs vers cette solution, comme il l'a dit récemment à l'un de nous.

c. — *Canavalia ensiformis* Linné

Nous avons observé également parmi les graines de Légumineuses péruviennes des échantillons se rapprochant manifestement par leurs dimensions et par leur forme de celles du *Canavalia ensiformis* Linné. La présence de cette plante dans les tombeaux péruviens n'avait pas encore été signalée par aucun auteur (fig. 3).

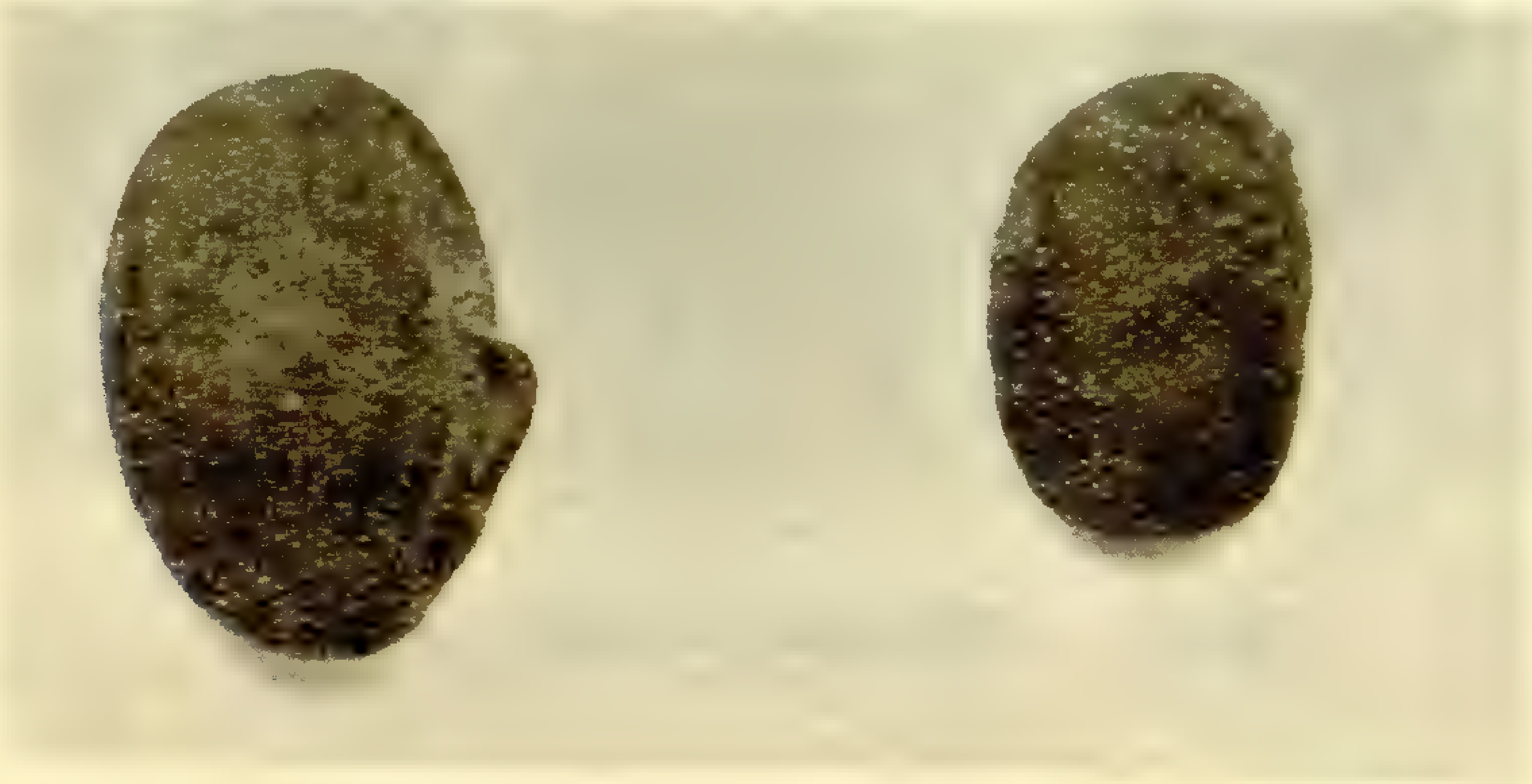


Fig. 3. — *Canavalia ensiformis* Linné.

Peut-être faut-il voir une allusion aux graines de ces plantes dans le passage suivant de Gracia Lasso de la Vega qui, après avoir mentionné les Haricots, ajoute : « au nombre de ceux-ci, ils (les Incas) en mettaient d'autres qui ne *sont pas bons à manger* (1), dont *la couleur est diverse* et qui semblent être faits au moule, si ronds ils sont. Ils les appellent *Chui* (2) et en marquent les différences par les couleurs. Ils leur donnent plusieurs noms fort ridicules et toutefois assez appropriés, que nous passerons sous silence pour éviter la prolixité.

(1) Le *Canavalia ensiformis* est de digestion difficile et on le dit, en outre, quelquefois vénéneux.

(2) Markham. *Vocabularies Quichua*, p. 79 (*Chuy* : graine de la taille d'un Haricot).

» Les jeunes gens et les hommes mêmes usaient de ces Pois en diverses sortes de jeux, qu'ils inventaient pour se récréer, à quoi je me souviens moi-même d'avoir joué assez souvent. »

Ces couleurs dont il est ici question peuvent convenir aux graines de *Canavalia* qui ont les teintes les plus vives et très diverses, d'un blanc pur, d'un rose vif, rose violacé, grisâtre, etc., ou agréablement panachées; on conçoit aisément qu'elles aient pu servir à des jeux variés.

Les graines des tombeaux que nous avons pu observer ne présentaient pas sur leurs téguments de teintes susceptibles de frapper l'œil, car la nuance est noirâtre dans l'une et chamois roussâtre dans l'autre; mais la grosseur de la graine, la forme si particulière du hile ne permettent pas de doute sur leur identification.

d. — *Arachis hypogæa* Linné.

M. Berthon a trouvé dans le cimetière de la Rinconada plusieurs cosses se rattachant à cette espèce; ces cosses de forme allongée, atteignent jusqu'à 5 centimètres de long et 1 c.-1 c. 5 d'épaisseur, très fortement réticulées, contenant 2 à 3 graines et sont terminées en crochet au point d'attache (fig. 4).

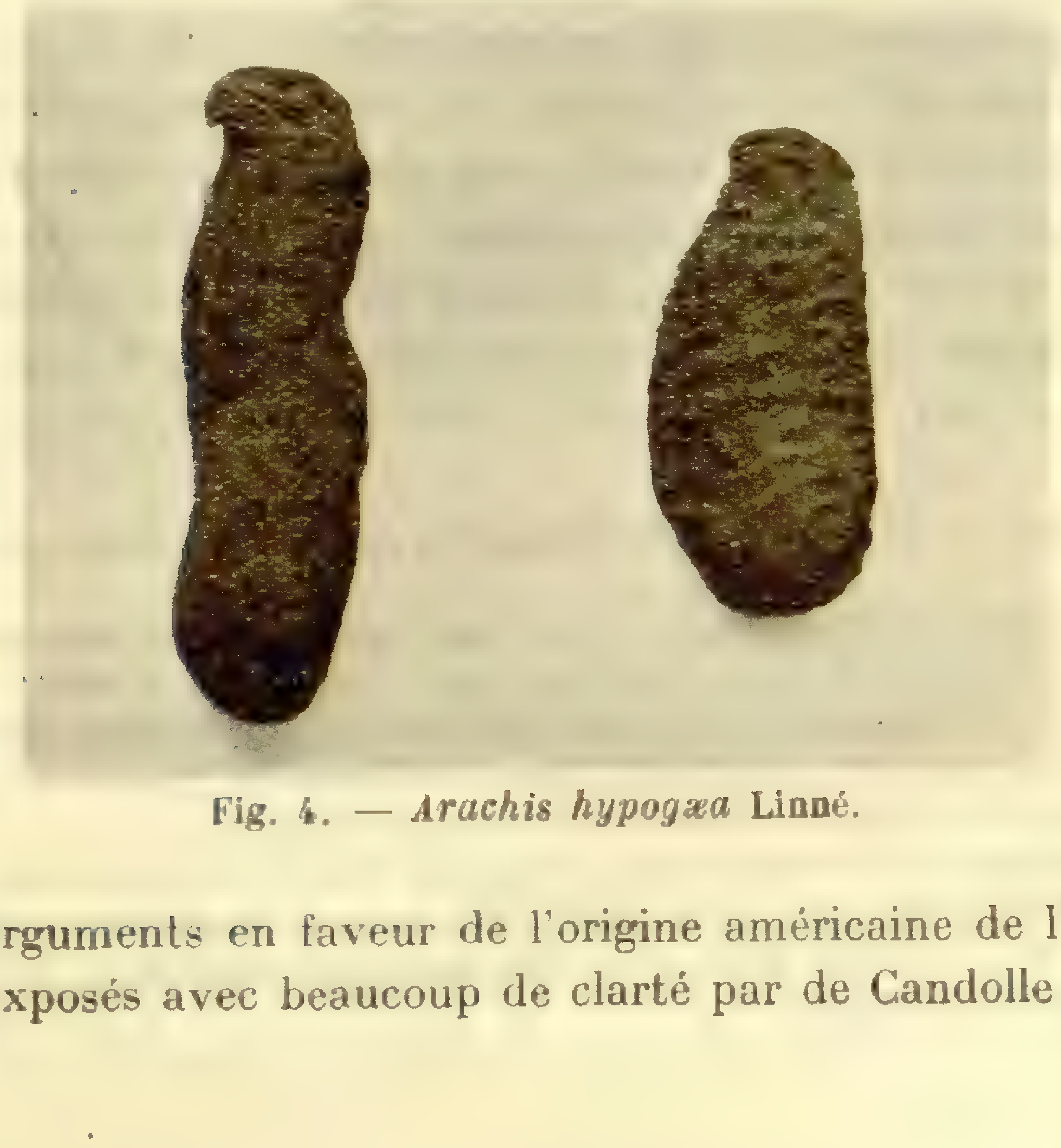


Fig. 4. — *Arachis hypogæa* Linné.

Les arguments en faveur de l'origine américaine de l'Arachide ont été exposés avec beaucoup de clarté par de Candolle dans son ouvrage *De l'origine des plantes cultivées* (p. 330) (1). Nous n'y insisterons pas; nous nous contenterons d'ajouter deux faits nouveaux qui viennent corroborer cette manière de voir :

1° Cette nouvelle découverte de la même espèce dans les tombeaux péruviens et 2° l'attribution à la plante d'un nom Quichua que ne connaissait pas de Candolle, car le nom *Mani* serait d'origine espagnole d'après Gracia Lasso de la Vega. Le véritable nom Quichua serait *Inchig* ou Inchic (dictionnaire Quichua) ou *Yuchic* d'après Gracia Lasso de la Vega (2).

MAÏS

Zea Mays Linné.

Dans les échantillons que nous a remis M. Berthon, les Maïs tenaient une place très importante et ils méritent d'être cités après les Haricots.

Tous les auteurs anciens, comme Gracia Lasso de la Vega (3) et autres qui ont parlé de l'agriculture péruvienne, s'accordent à montrer le grand rôle du Maïs comme céréale du Pérou; les découvertes faites dans les tombeaux et mises en lumière par MM. de Rochebrune, Wittmack, Wiener corroborent ce rôle capital de cette précieuse Graminée.

Nous n'insisterons pas sur l'origine américaine du Maïs qui est aujourd'hui admise de tous (bien que des auteurs distingués comme Bonafous, Grisebach aient autrefois émis une opinion contraire).

Les Péruviens distinguaient plusieurs types de Maïs. Ils avaient notamment en culture un Maïs tendre et un Maïs dur comme nous avons en Europe des Blés durs et des Blés tendres. Gracia Lasso de la Vega (p. 1041) dit à ce propos : « l'un (des Maïs) qu'ils appellent

---

(1) Voir aussi la note de M. Dubard, *Bulletin du Museum d'hist. nat.* 1906, p. 340.

(2) L'« Yuchic, dit Gracia Lasso de la Vega, ressemble fort aux amandes, et de moelle et de goût. Si on le mange tout cru, il fait mal à la teste; comme, au contraire, si on le mange cuit avec du miel, il est extrêmement sain et délicat. Avec ce qu'ils en font une manière de gâteau ou de pain d'épices, ils en tirent une fort belle huile qui guérit de plusieurs sortes de maladies ».

(3) Gracia Lasso de la Vega, dit à propos du Maïs : « Le principal de ces fruits, ou de ces graines estait celui que les Mexicains et ceux des îles de Borlavento (Antilles ?) appellent Mayz et les Péruviens Çara dont ils ont accoutumé de faire du pin » (p. 1041).

Murucu est dur, l'autre nommé *Capia* est fort tendre et délicieux ».

Cette multiplicité des variétés de Maïs indiquée par les auteurs se trouve confirmée par les études de M. Wittmack et par les nôtres.

M. Wittmack a figuré, dans l'Atlas d'Ancon, un grand nombre de variétés dont quelques-unes se rapprochent de celles que nous avons pu observer; par contre, plusieurs de nos types ne figurent pas dans son iconographie. Il classe les variétés en trois groupes principaux : 1° *Zea Mays vulgata* Körnicke, à grains ni pointus, ni ombiliqués; 2° *Zea Mays peruviana* Wittmack, à grains pointus et à épi court (ce dernier caractère le distingue du *Z. M. rostrata* Bonafous); 3° *Zea Mays umbilicala* Wittmack, à grains ombiliqués et à épi très court (ce qui le distingue du *Zea robusta* de Bonafous).

Il figure également de nombreuses formes, difficilement classables, qui passent de l'un à l'autre type.

Nous avons pu observer également ce même polymorphisme dans les épis provenant des fouilles faites par M. Berthon, ce qui indique, d'une manière manifeste, que la plante était parvenue entre les mains des Incas à un degré extrêmement remarquable de perfectionnement cultural.

N° 1 *Type vulgata.* Epi très endommagé, avec seulement quelques grains en bon état de conservation. Ces grains, disposés en spires, sont les uns ovalaires, les autres faiblement coniques, de couleur roux brunâtre.

N° 2 *Type vulgata* ? Epi bien conservé, de 7 centimètres de longueur sur 3 centimètres 1/2 d'épaisseur; grains disposés en spires, de couleur roussâtre, triangulaires coniques, mais sans bec ou à bec rudimentaire, ceux de la base striés, les autres lisses.

N° 3 *Type peruviana* (fig. 5). Ce type n'est pas figuré dans l'ouvrage de Wittmack. L'épi est complet, de forme oblongue, conique. Il mesure 10 centimètres de longueur, 5 cent. d'épaisseur à la base et 3 cent. d'épaisseur au sommet. Les grains, disposés en 16 séries longitudinales parallèles, sont noirs, à bec très accusé; ceux de la base de l'épi sont profondément striés longitudinalement; les autres sont lisses.

N° 4 *Type peruviana.* Fragment d'épi très endommagé, avec quelques grains mal conservés. Ces grains, de couleur roux brunâtre terne, sont peu serrés, disposés en séries longitudinales parallèles fortement séparées les unes des autres; ils sont longuement coniques, avec un bec rudimentaire.

N° 5 *Type vulgato-umbilicata.* L'épi qui porte ce numéro est complet, sauf la partie supérieure qui a été détruite. Il rappelle par ses caractères généraux l'échantillon figuré pl. 106, fig. 3 de l'ouvrage de M. Wittmack. Il est oblong, épais et mesure 6 cent. de longueur et 4 centim. d'épaisseur. Les grains sont disposés assez régulièrement en 14 séries longitudinales parallèles, surtout dans la partie supérieure; ils sont roussâtres, à bec rudimentaire, striés longitudinalement, quelques-uns légèrement ombiliqués.

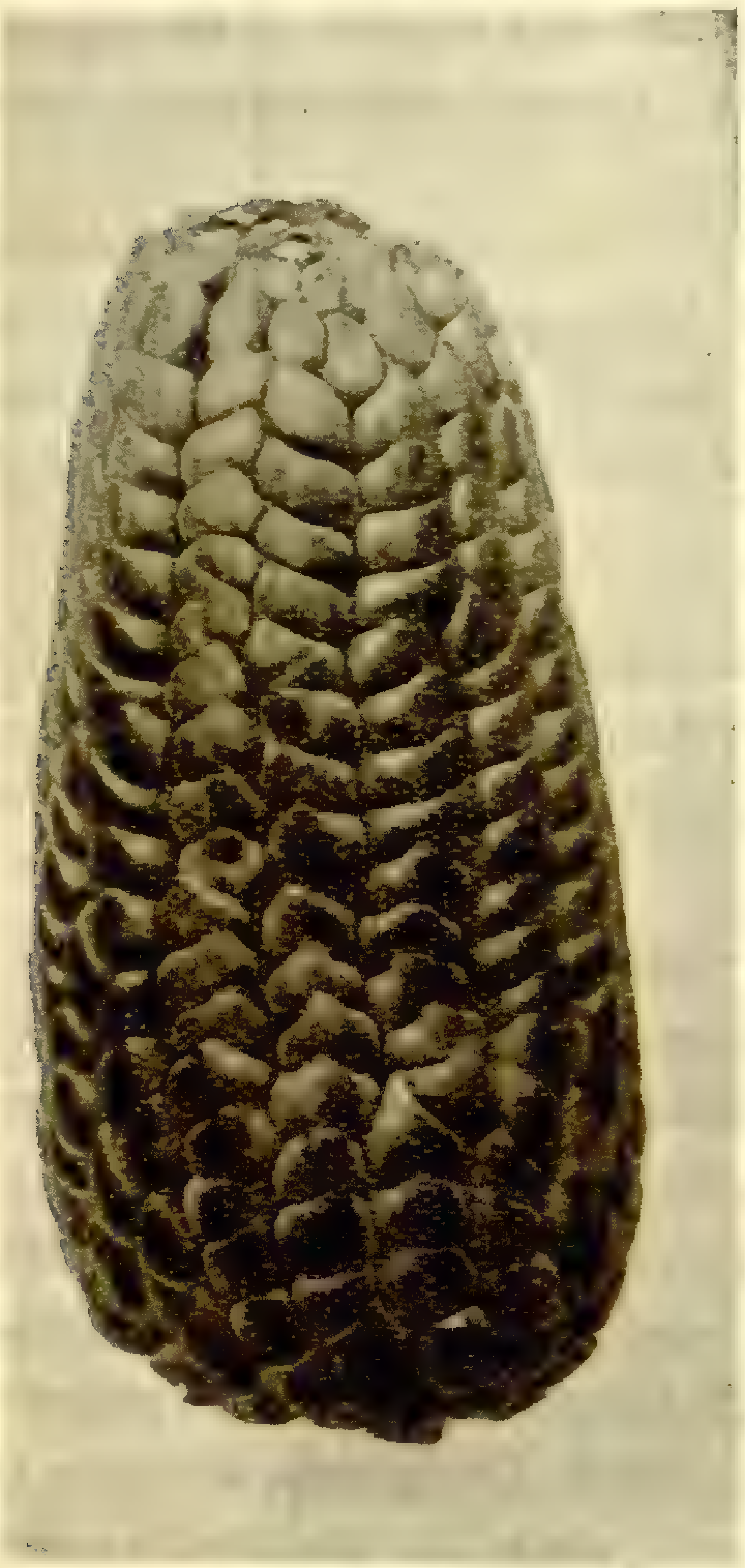


Fig. 5. — *Zea Mays* Linné, var. *peruviana*.

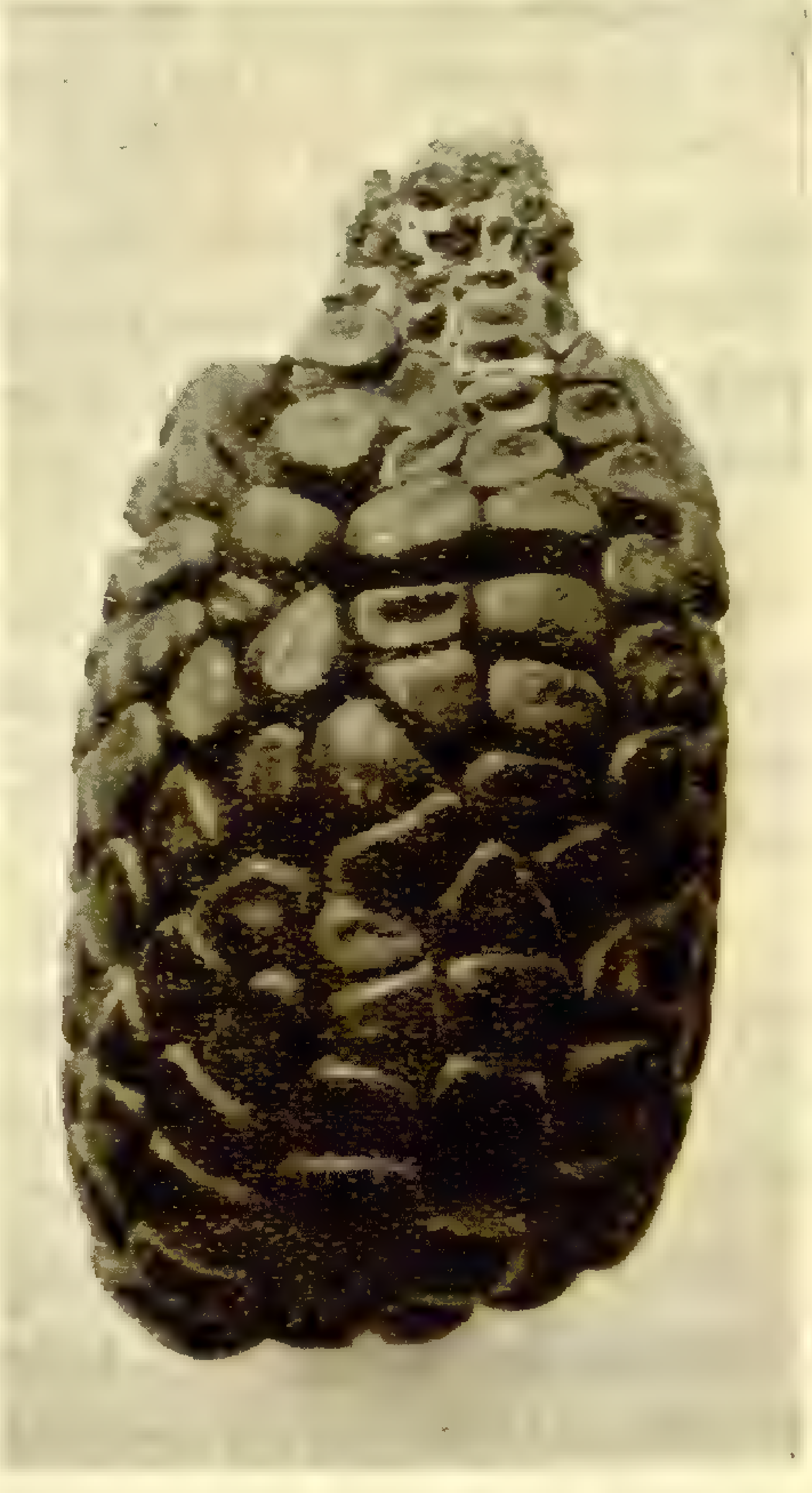


Fig. 6. — *Zea Mays* Linné, var. *vulgato-umbilicata*.

N° 6 *Type vulgato-umbilicata* (fig. 6). Epi court, dont les grains sont détruits dans la partie supérieure. Il mesure 7 centimètres de longueur et 4 centimètres d'épaisseur. Les grains disposés irrégulièrement, présentent chacun une forme différente; ils sont de couleur roussâtre, à bec nul ou faible dans un très petit nombre de cas; ceux de la base sont striés, les autres sont lisses, plusieurs sont fortement ombiliqués.

N° 7 *Type vulgato-umbilicata* (fig. 7). Epi cylindrique, étroit, de 8 cent. de longueur sur 3 centimètres d'épaisseur, à grains disposés en spires. Les grains d'un brun jaunâtre clair, sont petits, bombés, sans bec, quelques-uns sont ombiliqués et ceux de la base possèdent des stries longitudinales.

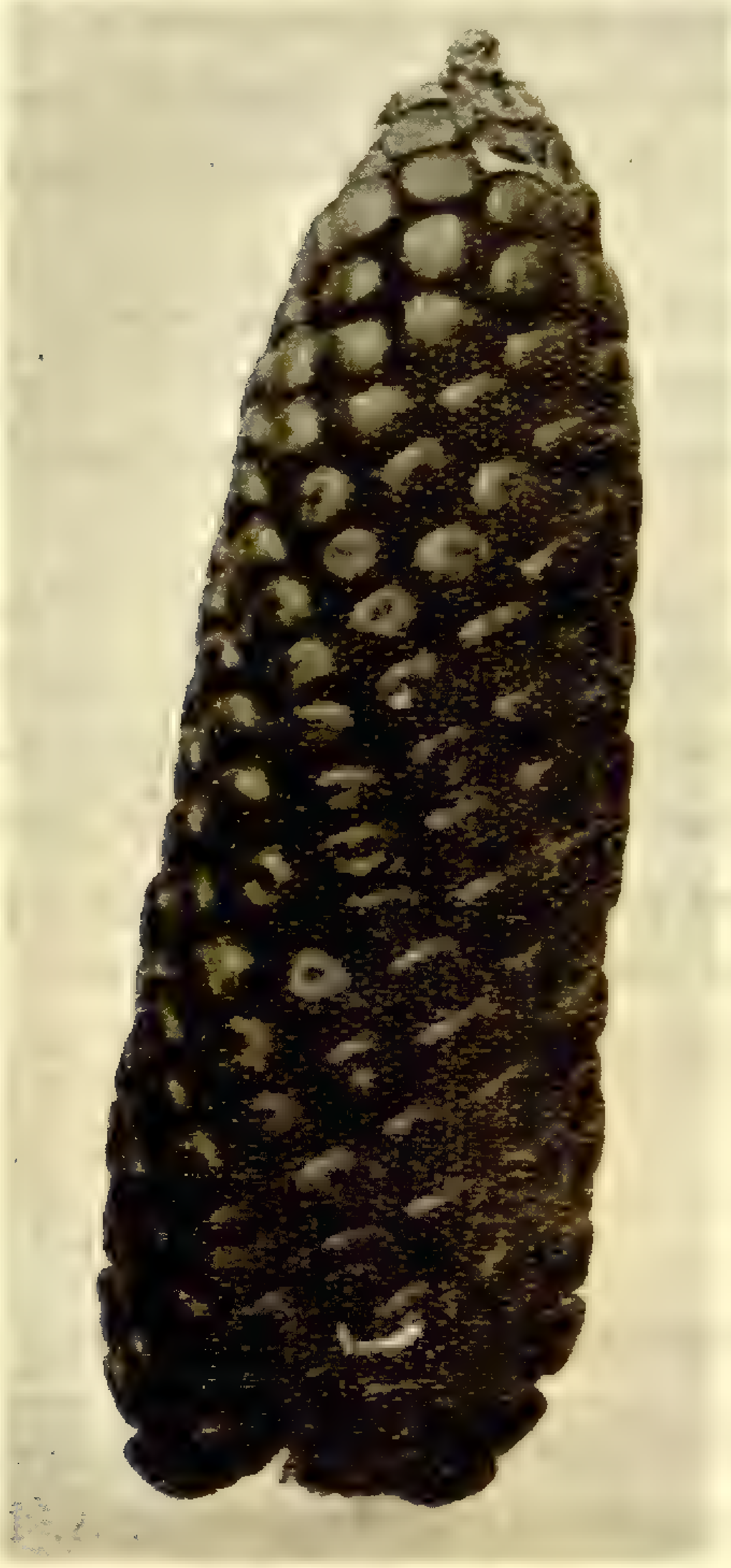


Fig. 7.— *Zea Mays* Linné var. *vulgato-umbilicata.*

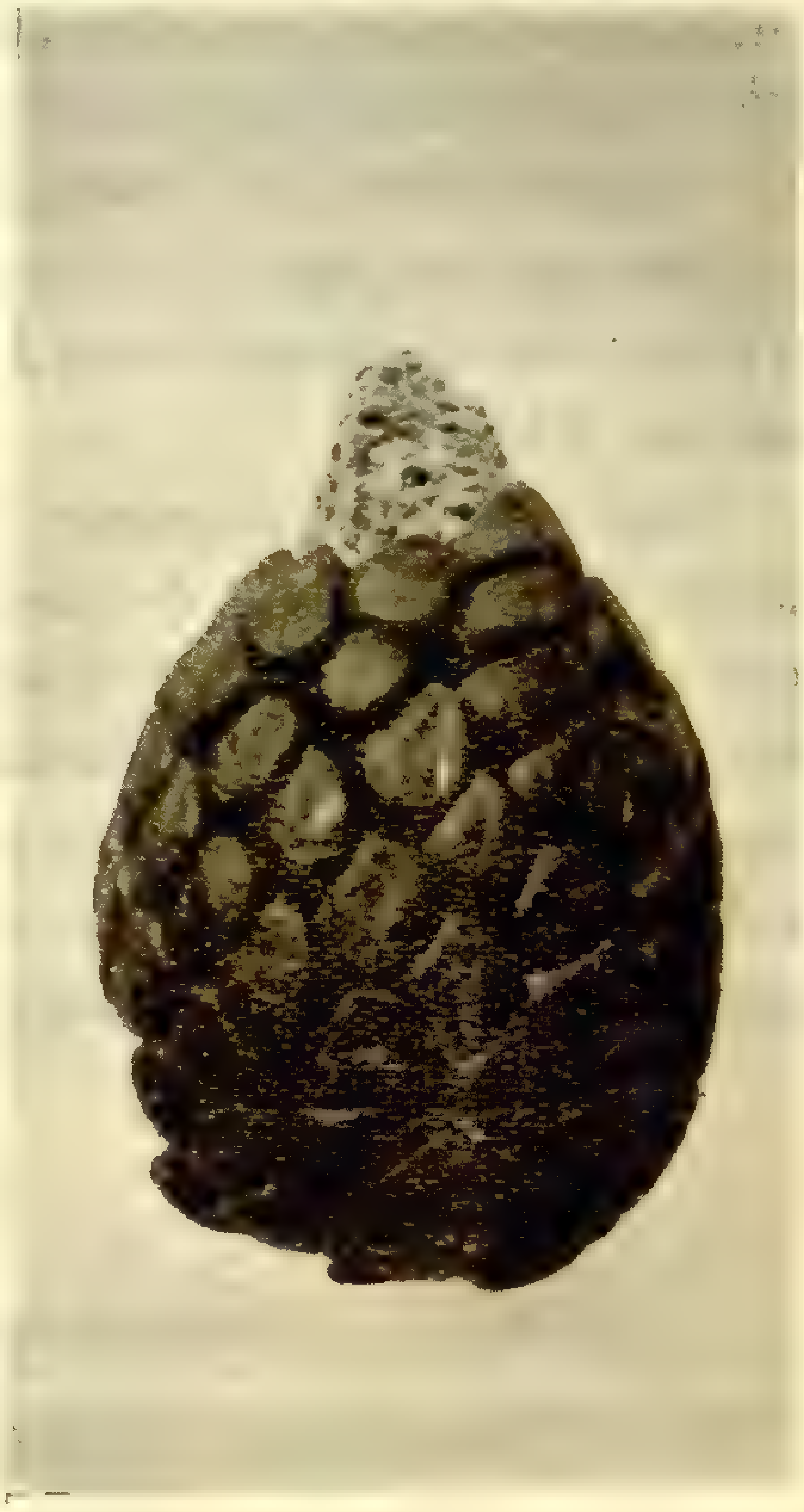


Fig. 8. — *Zea Mays* Linné var. *vulgato-peruviano-umbilicata.*

N° 8 *Type vulgato-peruviano-umbilicata* (fig. 8). Epi complet, très court, presque sphérique, de 5 cent. de longueur sur 4 cent. d'épaisseur, à grains disposés en spires, de couleur roussâtre, quelques-uns sont un peu atténués en bec, à face supérieure plane ou ombiliquée, striée.

Nous ne pouvons nous étendre ici sur le grand rôle que jouait le Maïs dans l'alimentation des Péruviens qui lui faisaient subir de nombreuses préparations pour les usages journaliers, pour les fêtes et pour les cérémonies religieuses.

L'ouvrage de Gracia Lasso de la Vega notamment distingue aussi 3 sortes de pains :

« En leurs sacrifices solennels, ils faisaient du pain de *Mayz*, qu'ils appelaient *Cançu*, non pas pour en manger d'ordinaire ».

Ils avaient 2 autres sortes de pain : l'un appelé *Humintu* qu'ils employaient pour leur nourriture, lors des festins solennels et enfin le *Tanta* qui était leur pain ordinaire.

« De la farine de Maïs, les Péruviens faisaient une espèce de bouillie appelée *Api* ». Le nom Quichua du Maïs est *Çara* ou *Pora* : le Çara cuit est désigné sous le nom de *Muti* ; le Çara grillé porte le nom de *Chancha*.

Nous avons eu (comme M. de Rochebrune), l'occasion d'examiner des échantillons de pain trouvés dans des tombeaux. A quelle sorte correspondent-ils ? C'est ce que nous ne saurions dire, les descriptions étant insuffisantes. Nous pouvons seulement faire remarquer que notre type de pain n'est pas identique à celui qu'a pu étudier M. de Rochebrune, car il ne renferme pas de graines de Quinoa (Chenopodium Quinoa Molina) (1).

LUCUMA

Lucuma valparadisæa Molina

M. de Rochebrune a déterminé les graines d'un *Lucuma* trouvées dans des sacoches des sépultures péruviennes : *L. lasiocarpa* A. De Candolle.

M. Wittmack, d'autre part, a figuré dans l'Atlas de Reiss et Stübel un *Lucuma* qu'il appelle *L. splendens* A. De Candolle que l'on considère comme synonyme de *L. valparadisæa* Molina. C'est à cette espèce que se rattachent les graines que nous avons pu nous-mêmes observer dans les collections de M. Berthon (fig. 9). Ces graines sont globuleuses, presque sphériques ; elles rappellent par leur forme et leur couleur celles du Marron d'Inde, quoiqu'étant plus petites. Ces graines sont tantôt entières, tantôt cassées, avec les cotylédons isolés.

---

(1) Le *Chenopodium Quinoa* produit une graine employée couramment comme Céréale au Pérou encore à l'heure présente. M. Wittmack a trouvé la graine de cette plante dans les tombeaux d'Ancon; elle se trouve figurée dans Atlas de Reiss et Stübel t. III (pl. 106, fig. 20).

Le fruit de ces *Lucuma* est comestible et encore consommé à l'heure actuelle dans le pays d'origine.

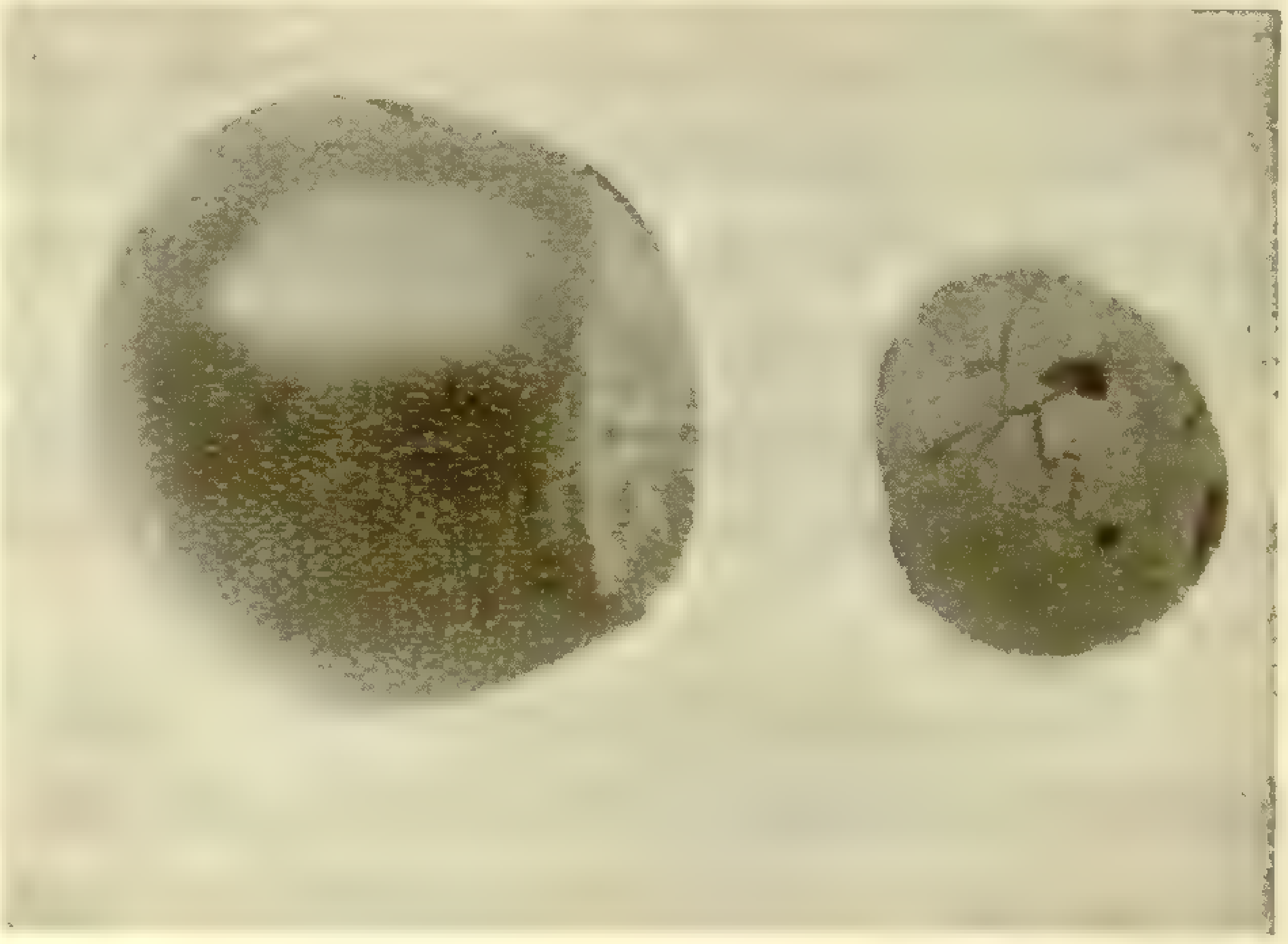


Fig. 9. — *Lucuma valparadisæa* Molina.

Cherimolier

Anona Cherimolia Lamarck

Cinq graines d'*Anona Cherimolia* ou Cherimolier venant de La Rinconada ont été reconnues par nous (fig. 10). La plante est, sinon originaire du Pérou, du moins cultivée dans ce pays depuis une très haute antiquité. Son nom actuel est tiré de Quichua *Cherimoyo* ou *Chiri-muyu* (Dict. Quichua-castellana et Luis Cordero) *chirumaya*. Le Cherimolier est certainement la meilleure espèce d'Anone.

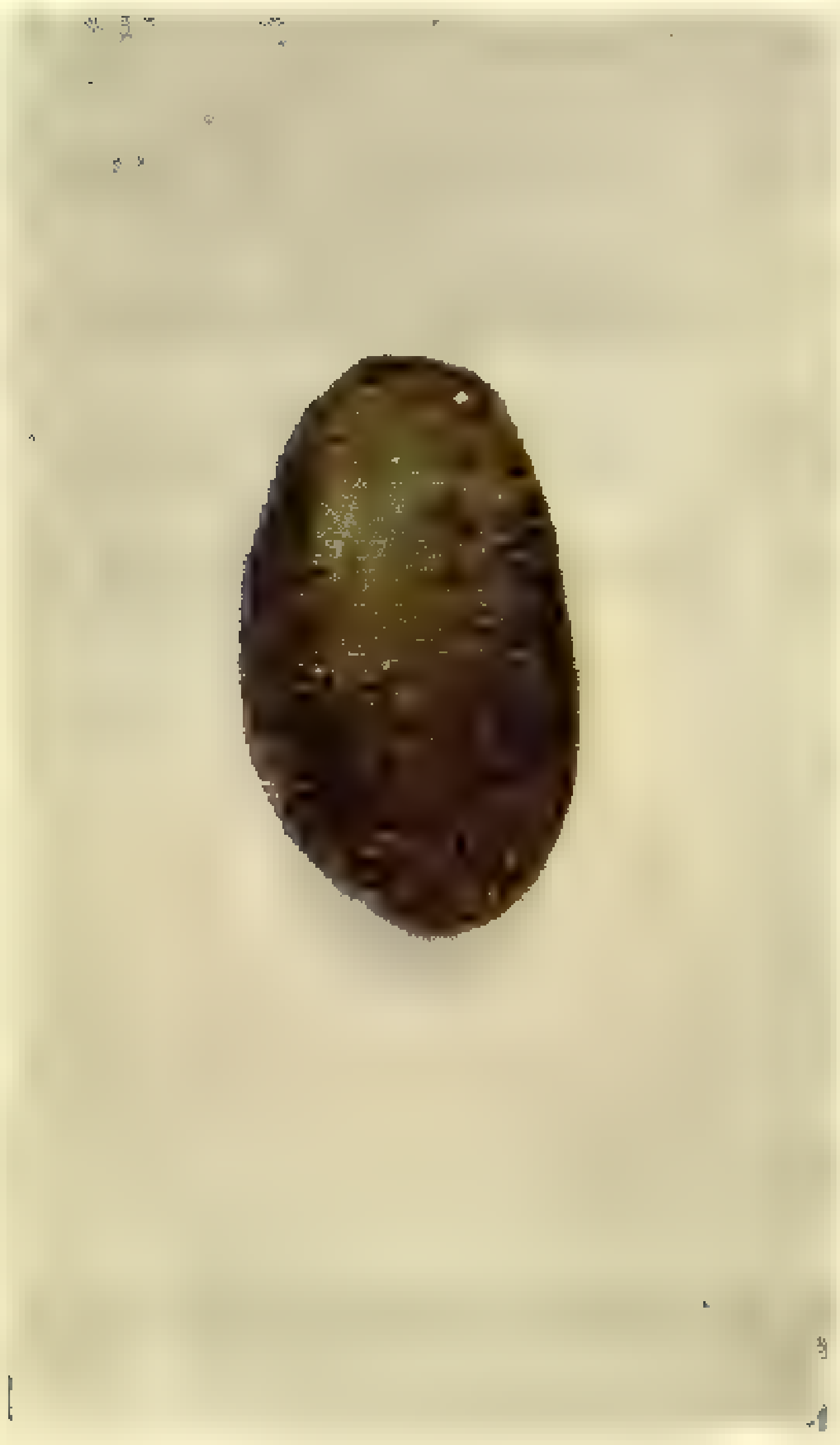


Fig. 10.— *Anona Cherimolia* Lamarck.

Cotonnier

Gossypium barbadense Linné

Autour des gâteaux de pain dont il a été question plus haut, nous avons remarqué une enveloppe cotonneuse d'une couleur brun roussâtre. Nous découvrîmes, au milieu de cette sorte d'étoupe, une graine de laquelle partaient des poils roussâtres qui étaient en continuité avec le coton mentionné ci-dessus. Il n'y avait aucun doute qu'il s'agissait là de graines de Cotonnier.

Le Cotonnier était bien connu des Incas qui le cultivaient. M. Wiener a signalé les travaux merveilleux d'irrigation des anciens péruviens en vue de la culture du Maïs et du Cotonnier (1). Il signale d'ailleurs en décrivant les momies que « dans les creux qui forment les bras et les jambes repliés, il arrive que les survivants ont déposé, *dans une enveloppe de coton brut*, de petits vases contenant des aliments » (2).

« La momie, ajoute-t-il, ainsi disposée et habillée, est entourée parfois de feuilles de Coca, de feuilles de Maïs *ou de coton* et cousue dans un linceul d'une trame fine souvent transparente. »

M. de Rochebrune a signalé le *Gossypium peruvianum* Cavanilles parmi les plantes des tombeaux péruviens. Ce n'est pas à cette espèce que se rattache la graine que nous avons pu observer. Le Cotonnier péruvien ou Cotonnier pierreux est caractérisé par l'agglutination en petits glomérules, de graines qui sont fortement adhérentes entre elles par leur surface en contact, de sorte que, lorsqu'on les sépare, il reste une cicatrice correspondant à la plage d'adhésion. Or, en examinant attentivement notre graine sur toutes ses faces, nous n'avons pas trouvé de traces d'une pareille cicatrice. La graine était bien isolée primitivement. C'était au type du *Gossypium barbadense* Linné que se rattachait notre échantillon, car il était couvert d'une seule sorte de poils, et, en enlevant le coton, les téguments nous apparaissaient glabres, ce qui n'a pas lieu d'ordinaire avec le *Gossypium herbaceum* Linné, où le testa reste couvert d'un duvet adhérent lorsqu'on a enlevé les poils les plus longs.

NECTANDRA

Trois fragments de graines se présentaient avec un caractère particulier (fig. 11). Il s'agissait manifestement de cotylédons qui avaient été perforés en leur milieu de manière à pouvoir être vraisemblablement disposés en collier.

La forme de ces graines rappelait tout à fait celle du *Nectandra*

---

(1) *Loc. cit.*, p. 541.

(2) *Loc. cit.*, p. 649.

Puchury minor Nees et Martius et correspondait tout à fait à la figure de cette graine donnée dans la Flore du Brésil (1).

L'examen des coupes de graines de *Nectandra* et de celles rapportées par M. Berthon n'a pas permis une parfaite comparaison, les tissus des graines des tombeaux ayant subi des altérations sensibles en raison de l'âge reculé. Il y avait cependant un parenchyme à grandes lacunes semblables. Le contenu, en partie altéré, présentait encore des grains d'amidon qui bleuissaient sous l'action de l'iode. Cet amidon était comparable à celui de la Fève de Pichurin.

La Fève de Pichurin a été introduite dans les officines en Europe, pour l'huile essentielle aromatique qu'elle renferme.

M. Wittmack a signalé dans son Mémoire au Congrès international des Américanistes (Berlin, 1888, p. 327), la découverte de la momie d'un enfant exhumée d'Ancon par le Commander Ackland et étudiée par le professeur Moseley, d'Oxford. Cette momie portait un collier comprenant notamment 4 cotylédons perforés d'un *Nectandra* qui a été rapproché du *N. mollis* Nees (espèce que l'Index kewensis rattache au *N. villosa* du Brésil).

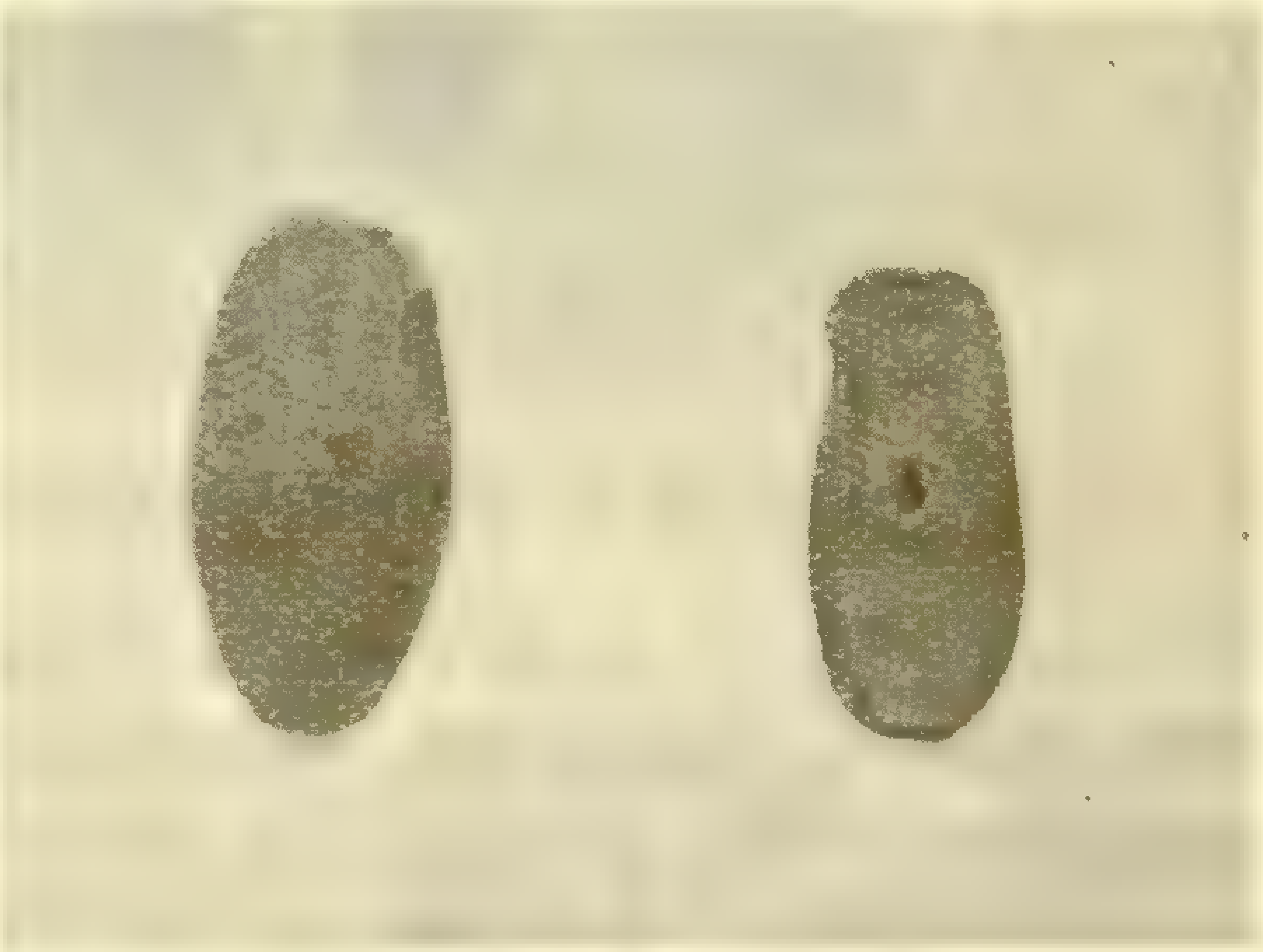


Fig. 11. — *Nectandra Puchury minor* Nees et Martius.

CUCURBITACÉES

Lagenaria vulgaris Seringe

Nous avons aussi trouvé parmi les objets des tombes péruviennes, des graines de *Lagenaria vulgaris* Seringe et aussi des fruits de formes et de dimensions très variées. Ces graines sont très caractéristiques (fig. 12) et ne peuvent être, par leur aspect, confondues avec celles d'aucune autre Cucurbitacée. Elles avaient d'ailleurs été déjà signalées dans les tombeaux précolombiens par M. de Rochebrune et par M. Wittmack.

---

(1) Flora brasiliensis, vol. V, pars. 2, p. 277, pl. CI.

Les preuves de l'existence ancienne des *Lagenaria* au Pérou ne laissent plus de doute maintenant par l'ensemble de ces résultats. MM. Reiss et Stübel ont figuré à maintes reprises dans leur magnifique Atlas d'Ancon des fruits de *Lagenaria* parfaitement conservés (tome III, pl. 82, fig. 1 à 6 (1)), soit entièrement, soit à l'état de fragments qui sont souvent finement travaillés et sculptés d'une manière remarquable (fig. 13).

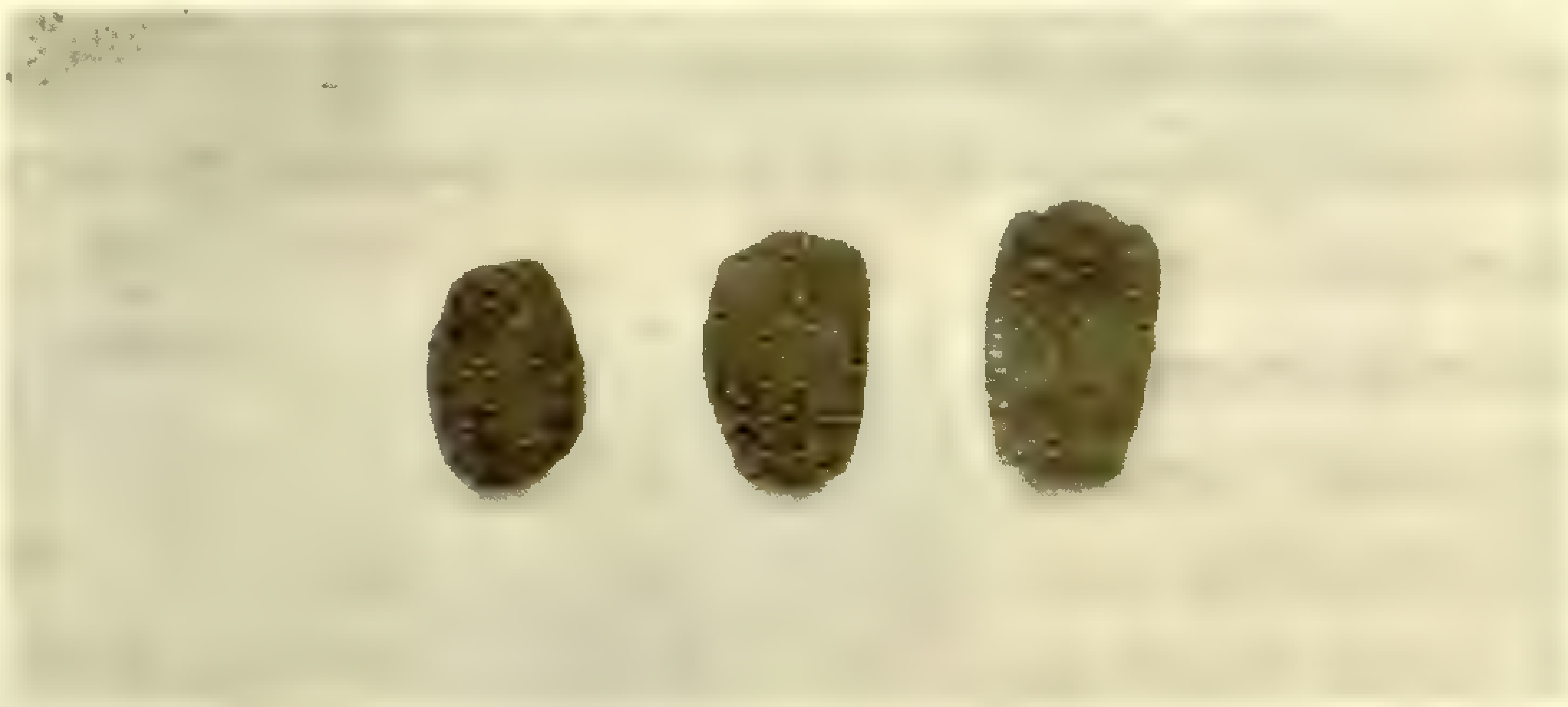


Fig. 12. — *Lagenaria vulgaris* Seringe ; graines.

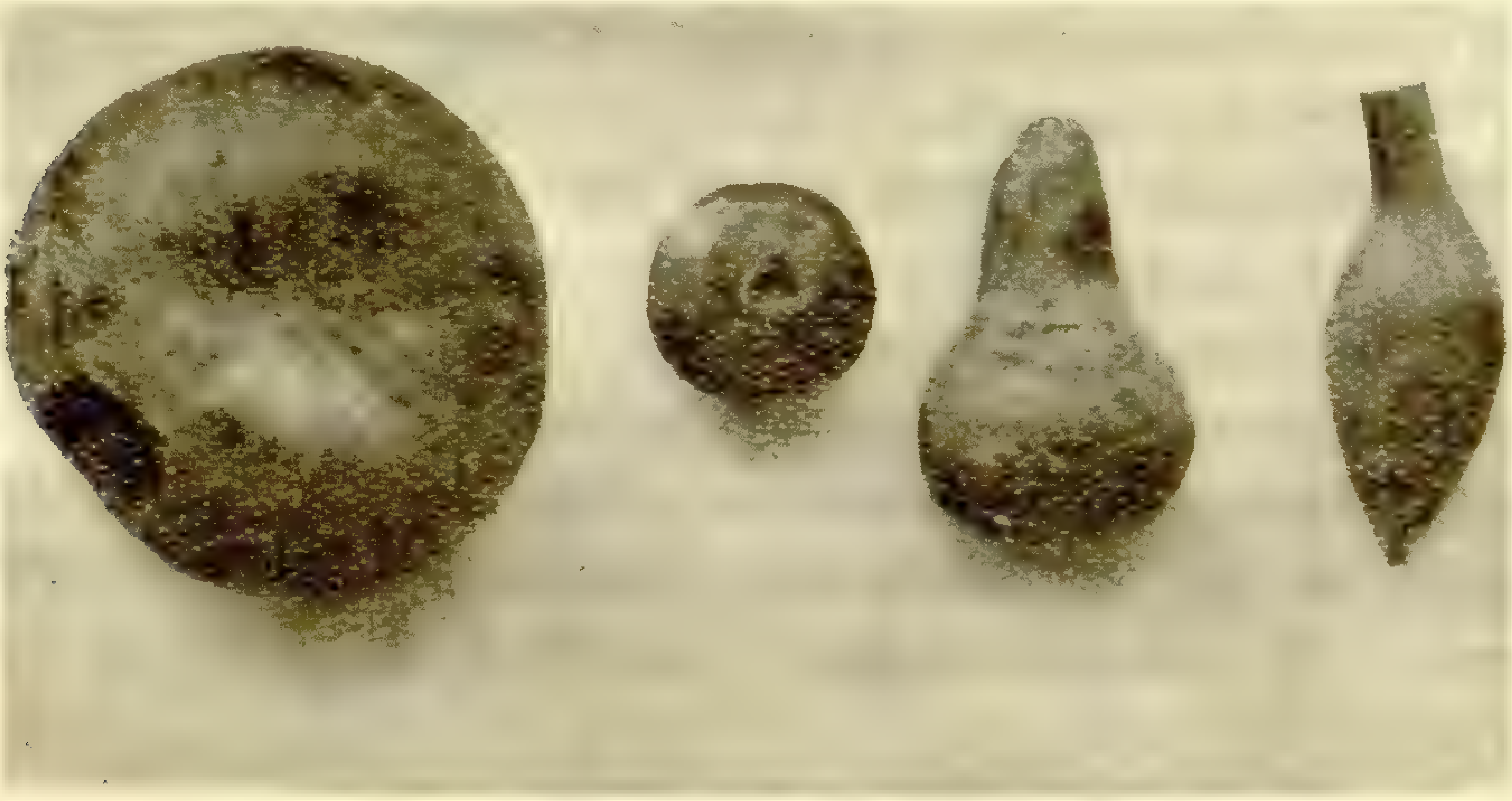


Fig. 13. — *Lagenaria vulgaris* Seringe; fruits.

---

(1) Fig. 1. — Petite Gourde sans ornementation. — Fig. 2 — Col d'une Gourde transformée en une sorte de gobelet formé par le col supérieur du fruit ; ce gobelet est fixé par une double cordelette à une figurine d'argile.— Fig. 3— Petit vase semblable. — Fig. 4 — Gourde piriforme qui a été divisée transversalement en deux, en entaillant le couvercle, l'artiste a réservé une échancrure où s'engage une dent de la partie inférieure. — Fig. 5 — Gourde ayant des ornements à la surface. — Fig. 6 — Partie inférieure d'une Gourde formant une sorte de plat.

M. Wiener a eu également l'occasion d'observer la présence de Gourdes dans les fouilles qu'il a pu faire (1).

Nous avons pu nous-mêmes voir dans les belles collections de M. le D^r^ Capitan (dues à M. Berthon) combien les Gourdes étaient répandues dans les tombes et combien ces fruits étaient parfois artistement travaillés par les Incas.

MM. Asa Gray et Hammond Trumbull (2) ont discuté d'une manière très intéressante l'opinion de l'origine américaine des Gourdes à bouteille. Ils ont montré combien au XVI^e siècle il y avait de confusion dans les noms vulgaires de Cucurbitacées. Les mots de *Lagenaria*, *Cucurbita*, *Calebaça*, *Courge*, *Zucca* sont employés indifféremment.

La relation du premier voyage de Christophe Colomb mentionne d'une manière répétée les « calebazzas » (3) employés par les natifs de Saint-Domingue et autres îles pour transporter de l'eau.

Il est vrai que quelques-unes des calebasses utilisées dans ces îles venaient sur des arbres (*cucurbiteas arbores*). C'était évidemment, dans ce cas, le *Crescentia Cujete* Linné.

Mais il est certain qu'il y avait des « calebazzas » non arborescentes, de toutes sortes de formes dit Oviedo (4) et très employées dans toutes les parties de ces Indes, à la fois les îles et le continent ». Cet auteur mentionne dans la liste des plantes introduites d'Espagne les Melons et les Concombres mais non les Gourdes.

Dans la relation du voyage d'Améric Vespuce, il est aussi question de petites Gourdes desséchées (Cucurbita) que les Indiens de la Trinidad et de la côte de Paria portaient au cou (5).

Acosta (6) parle aussi des Calebasses des Péruviens ; mais étant donné qu'il écrivait cent ans après la découverte du Nouveau Monde (1591), de Candolle regarde son témoignage comme sans grande valeur. Cependant l'auteur espagnol dit expressément qu'il y avait au Pérou « *un millier* de sortes de Calebasses » ayant les formes les plus diverses; les unes servant de paniers pour mettre la viande, les autres plus petites servant de récipients pour manger et boire (1). On ne s'explique guère l'introduction et la propagation, dans un temps si court, d'un nombre aussi élevé de variétés.

---

(1) *Loc. cit.*, p. 649.

(2) De Candolle avait invoqué les témoignages d'Asa Gray, d'une part, et de Trumbull, de l'autre, comme plaidant en faveur de l'origine asiatique ou africaine ; mais ces deux auteurs sont revenus sur cette question dans un ouvrage postérieur (American Journ. of. sc., 1883) et on peut y voir qu'ils plaident une cause tout à fait différente.

(3) Le 3 décembre 1492, entrant dans une petite rivière (Rio Boma), près de l'extrémité-Est de l'île de Cuba, il trouva un village indien et vit de grands champs « plantés avec plusieurs choses de la contrée et calebazzas ». Il fut saisi d'admiration à l'aspect de ces plantations.

(4) ***Historia gen. y nat. de las Indias Lib.*** VII, c.8.

(5) Navarette III, 252-254.

(6) ***Hist. nat. y moral de las Indias*** (traduct. de Marckham, Lib. IV c19, p. 238).

D'ailleurs, il nous semble qu'il y a un argument décisif dans le fait que le *Lagenaria* porte un nom quichua (*matha* ou *mati*) mentionné déjà par Gracia Lasso de la Vega. Il n'est guère admissible que les Espagnols aient donné un nom quichua à une plante introduite par eux.

Nous n'insisterons pas là que la plante ait une origine américaine, car l'existence du *Lagenaria* en Extrême-Orient n'est pas douteuse comme le prouvent les belles recherches de Bretschneider. Un ouvrage chinois le Tchong-Chi Chou du I^er^ siècle avant Jésus-Christ citait déjà la Gourde parmi les plantes chinoises.

La présence indiscutable des *Lagenaria* en Amérique avant la conquête est peut-être un argument en faveur des relations qui ont pu exister entre l'Extrême-Orient et le Nouveau-Monde à une époque antérieure à celle de la venue de Christophe Colomb.

En somme, nous concluons à la présence ancienne du *Lagenaria vulgaris* en Amérique en nous appuyant sur trois sortes de preuves :

1° Preuves archéologiques (tombeaux : Wittmack, Rochebrune);

2° Preuves historiques (Colomb, Pierre Martyr, Oviedo, Asa Gray et Trumbull, Wittmack);

3° Preuves linguistiques (Gracia Lasso de la Vega, Markham; Dict. Quichua, Luis Cordero).

AUTRES CUCURBITACÉES

Nous n'avons pas eu l'occasion de rencontrer des graines de *Cucurbita*, mais nous avons eu entre les mains celles d'une autre Cucurbitacée dont le mauvais état de conservation rend la détermination difficile; elle n'appartient certainement pas au genre *Cucurbita*, mais vraisemblablement au genre *Cucumis*.

---

(1) La relation du voyage de Cebaça de Vaca (juillet 1528) en Floride mentionne aussi la culture de pumpkins; de Soto, en 1539, trouva dans le pays Appalache, dans la Floride occidentale, des pumpkins (calabaças), mais ces pumpkins d'Uzachil « étaient meilleurs et plus savoureux que ceux d'Espagne ». **Il s'agit ici d'une autre Cucurbitacée.**

L'origine des espèces de Courges cultivées (*Cucurbita maxima* Duchesne, *Pepo* Linné et *moschata* Duchesne) a donné lieu à des controverses, mais les arguments en faveur de l'ancienne culture américaine nous paraissent décisifs. On a signalé jusqu'ici deux sortes de preuves qui nous paraissent sérieuses :

1° Preuves archéologiques (graines de *C. maxima* et *moschata* trouvées dans les tombeaux d'Ancon et déterminées par MM. Wittmack et Naudin);

2° Preuves historiques (mises en lumière par Asa Gray et Trumbull, etc.).

A ces deux sortes d'arguments, nous ajoutons la preuve linguistique. Les Courges avaient en effet un nom quichua, *Sapallu* ou *Capallo*, *Sapallo* qui est mentionné déjà dans Gracia Lasso de la Vega, et que nous retrouvons dans les Dictionnaires quichua et dans la note de Luis Cordero.

D'ailleurs, nous pouvons ajouter que le nom espagnol actuel des Courges (Zapallo) doit dériver du quichua (1).

II. TUBERCULES

Il y avait enfin deux sortes de tubercules qui nous ont paru se rapporter au *Xanthosoma sagittifolium* Schott et au Manioc.

Xanthosoma sagittifolium Schott

Trois tubercules nous ont été remis (fig. 14). L'un est arrondi, mesurant 5 centimètres de diamètre, mais il est très altéré et détruit en grande partie intérieurement; sa surface présente des cicatrices arrondies correspondant à des racines de trois à quatre millimètres de diamètre; on observe, en outre, des sortes de zones annulaires superposées, correspondant aux bases d'attache des feuilles; entre deux de ces anneaux superposés, il y a des bandelettes perpendiculaires, en grand nombre, qui sont à peu près parallèles entre elles et assez serrées; ces zones annulaires ont 5, 6, 8 millimètres d'épaisseur. Au sommet de ce tubercule s'observent des traces de bases de feuilles qui sont manifestement à nervures parallèles. Sur les côtés, on en observe un plus petit produit par bourgeonnement, il a seulement 3 centimètres de diamètre et est aplati.

---

(1) On a introduit, il y a une trentaine d'années, en France, une variété de Courge de l'Amérique du Sud, portant le nom de *Zapallito de Tronco*, qui semble d'ailleurs avoir disparu des cultures.

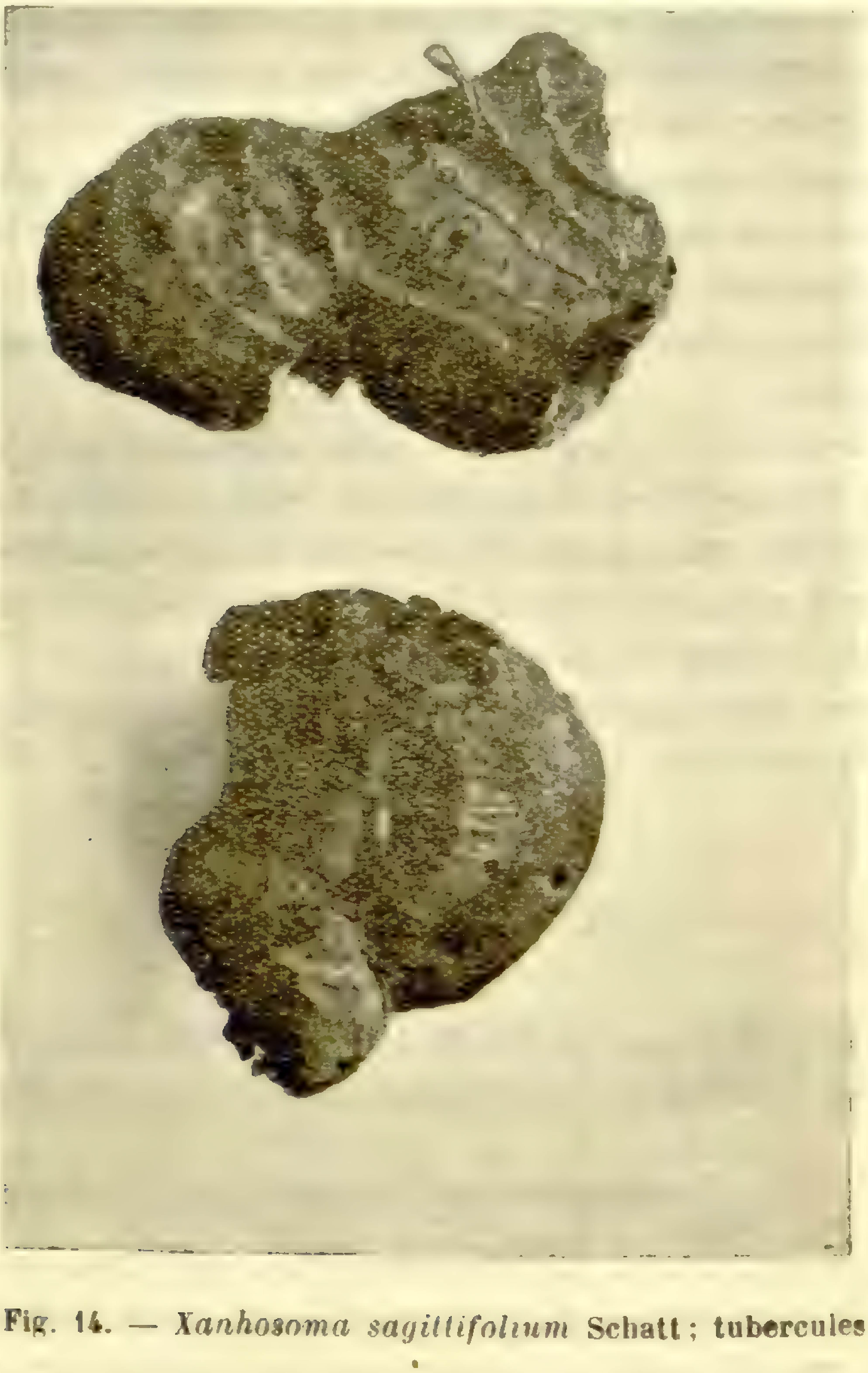


Fig. 14. — *Xanhosoma sagittifolium* Schatt ; tubercules.

Le second tubercule est un peu plus gros, il est plus irrégulier et a développé, sur le côté et en bas, un tubercule secondaire plus gros mesurant 3 c. × 4 c. Sur le tubercule mère on observe les mêmes radicelles, les mêmes zones annulaires reliées d'un bord à l'autre par les nervures à peu près parallèles entre elles. Les bourgeons ne sont pas conservés ici.

A l'intérieur du premier tubercule qui était très altéré et dont les tissus étaient perforés d'une série de petites cavités, nous avons découvert un coléoptère de la famille des Anobiides, considéré par M. Lesne comme constituant un genre nouveau, qui sera décrit sous le nom de *Chondrotheca asperula* Lesne.

MANIOC

Manihot utilissima Pohl

Un tubercule allongé, fusiforme, effilé à l'extrémité, mesurant 7 c. × 2 c. se terminant par un étroit pédicelle, nous a paru se rattacher au Manioc (fig. 15). M. Wittmack a d'ailleurs vu et figuré un tubercule de forme et de dimensions assez semblables qu'il a qualifié de ce nom. Il n'a cependant pas eu l'occasion d'observer le pédicelle du tubercule que nous signalons plus haut. Cette particularité n'est d'ailleurs pas incompatible avec la dénomination que nous venons de mentionner.

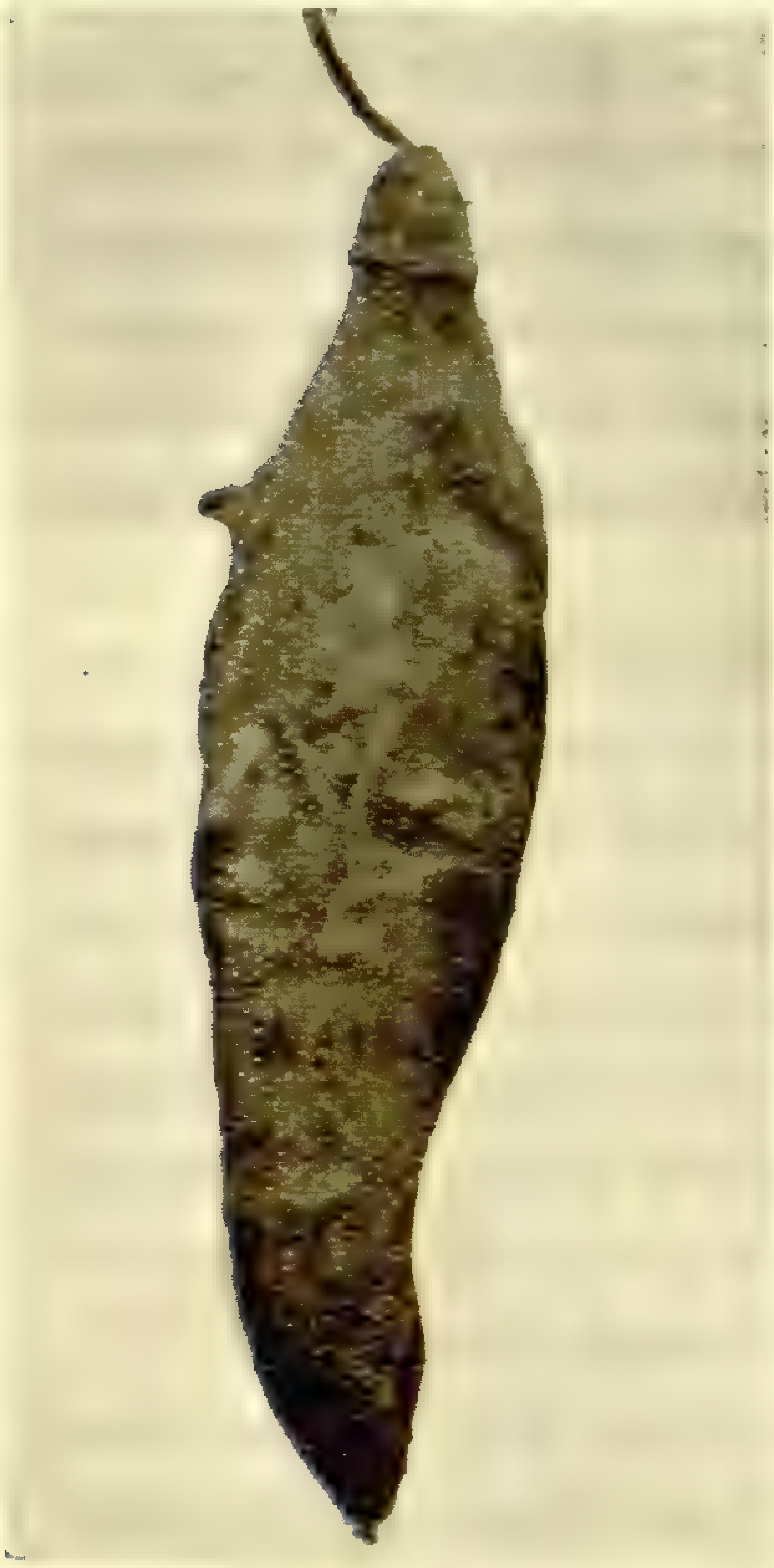


Fig. 15. — *Manihot utilissima* Pohl.

Nous avons essayé de comparer la structure de ce tubercule à celle du Manioc, malheureusement, en le coupant, les tissus tombaient en grande partie en poussière et il n'a pas été possible d'en observer la structure. Cependant, quelques préparations nous ont permis de discerner la constitution des parties conservées.

Nous avons pu constater que l'épaisseur de l'écorce était analogue, que les parties lignifiées formaient de petits îlots allongés radialement, assez semblables; enfin, l'amidon présentait de grandes ressemblances.

DE LA NATURE HYBRIDE

DE

L'ŒNOTHÈRE DE LAMARK

Par M. LECLERC DU SABLON

On connaît les lignes essentielles de la théorie des mutations telle qu'elle a été formulée par de Vries (1). La variation des espèces, au lieu de se faire par une série de transitions insensibles, résulterait de l'apparition brusque de caractères appréciables et définitivement fixés dès le début. On sait que ces variations brusques étaient admises par Darwin qui ne leur attribuait qu'une importance secondaire; Bateson en a donné de très nombreux exemples tirés surtout du règne animal.

Ce qui caractérise la théorie de de Vries, c'est l'hypothèse des mutations périodiques. Une espèce aurait la propriété de donner de nouvelles espèces par mutation, seulement pendant certaines périodes; le reste du temps, elle serait parfaitement fixe. A un moment donné, il y aurait donc seulement un certain nombre d'espèces en mutation; toutes les autres espèces seraient constantes, leur période de mutation étant terminée ou n'étant pas encore commencée. D'ailleurs, rien ne s'opposerait à ce qu'une même espèce puisse avoir plusieurs périodes successives de mutation.

Or, la seule espèce qui ait été reconnue en état de mutation à l'époque actuelle est l'*Œnothera Lamarkiana*. Dans de très nombreuses cultures de cette plante, de Vries a vu apparaître un certain nombre de formes nouvelles; il en a considéré quelques-unes comme des espèces élémentaires : l'*Œ. gigas*, l'*Œ. rubrinervis*, l'*Œ. albida*, l'*Œ. oblonga*; d'autres comme de simples variétés : l'*Œ. lævifolia*, l'*Œ. brevistylis*, l'*Œ. nanella*, l'*Œ. lata*, l'*Œ. scintillans*. Le nombre total des *mutantes* est au plus de 3 % du nombre des individus observés; ce sont d'ailleurs toujours les mêmes formes qui apparaissent; certaines d'entre elles, comme les *oblonga*, *nanella* et *lata* étant les plus fréquentes.

Les caractères par lesquels les formes nouvelles diffèrent entre elles et de l'*Œ. Lamarkiana* sont peu importants et souvent même ne peuvent être distingués que par un œil exercé. C'est ordinairement la dimension des tiges et des feuilles, le nombre ou la disposition des branches latérales, caractères qu'on est habitué à considérer comme fluctuants. Mais de Vries a constaté que l'amplitude des fluctuations, dans une forme donnée, n'est pas suffisante pour rejoindre la forme voisine. On a donc bien affaire à des types distincts.

Les nouvelles espèces ainsi apparues sont constantes tout en restant douées de la même mutabilité que l'*Œ. Lamarkiana.* De plus, les hybrides obtenus en croisant deux espèces nouvelles sont également constants et peuvent aussi donner des formes nouvelles par mutation. Dans tous les cas, les mutantes apparues appartiennent à un nombre restreint de types, ceux-là même qui ont été fournis par les mutations de l'*Œ. Lamarkiana.* Le nombre des caractères nouveaux est limité; ils peuvent d'ailleurs se combiner de diverses façons.

Les faits exposés par de Vries ont été vérifiés et paraissent incontestables; je me propose simplement, dans cette note, d'en discuter l'interprétation. Pour de Vries, l'Œnothère de Lamark est une espèce autonome, au même titre que n'importe quelle autre espèce, mais elle est en état de mutation. C'est d'ailleurs sur cet exemple, et sur cet exemple seul, qu'est fondée la théorie des mutations périodiques.

Une première objection vient à l'esprit : est-il prudent de fonder sur un seul cas une théorie destinée à expliquer l'évolution de tous les êtres vivants ? Si la mutation, telle qu'on l'observe dans l'Œnothère de Lamark est le procès normal de la formation des espèces, comment se fait-il qu'on n'en ait pas observé d'autres exemples ?

Il est vrai que l'on connaît d'autres cas de changements brusques et de Vries lui-même a réuni tous ceux que pouvait fournir la littérature botanique et horticole. Mais aucun d'eux n'a les caractères des mutations de l'Œnothère de Lamark. Le Robinier monophylle, par exemple, s'est produit une fois, mais une seule.

Le *Robinia pseudo Acacia* n'est pas pour cela en état de mutation, et ne donne pas normalement une série de formes nouvelles. Donc, en dehors de l'Œnothère de Lamark, les mutations sont des faits isolés et très rares; dans l'Œnothère de Lamark, au contraire, la mutation est régulière et continue.

On peut se demander s'il ne serait pas possible de rattacher le cas de l'Œnothère à une théorie générale déjà établie et dont il ne serait qu'une application particulière. Il m'a semblé que le Mendélisme, rénové par de Vries et maintenant admis par tout le monde, pouvait être cette théorie générale.

Il est nécessaire de rappeler en quoi consistent les lois de Mendel dans les cas typiques et comment elles se compliquent par l'adjonction de lois secondaires de plus en plus nombreuses à mesure que les recherches se multiplient.

Dans le système de Mendel, on considère les caractères associés par paires, les deux caractères d'une même paire s'excluant l'un l'autre. Ainsi, chez le Pois, le caractère des cotylédons jaunes que je désignerai par A est associé au caractère des cotylédons verts que je désignerai par *a*. Un hybride reçoit théoriquement tous les caractères de chacun des parents. L'hybride d'un Pois jaune et d'un Pois vert recevra donc A et *a* et sera caractérisé par A*a* ou $A+a$. Mais, de ces deux caractères qui s'excluent, l'un masque l'autre et apparaît seul, c'est le caractère *dominant*, l'autre étant *récessif*. Dans l'exemple que nous avons pris, A est dominant, de sorte que l'hybride aura les cotylédons jaunes et non une moyenne entre des cotylédons jaunes et des cotylédons verts; le caractère *a* restera latent mais pourra se manifester sur les générations suivantes.

Supposons en effet que l'hybride de Pois obtenu soit autofécondé. Le gamète mâle ayant le caractère $A+a$ donnera au produit indifféremment A ou *a*; de même pour le gamète femelle. Les hybrides de deuxième génération pourront donc recevoir soit A de chacun de leurs parents, soit *a* également de chacun des parents, soit A de l'un et *a* de l'autre; d'où 4 combinaisons possibles AA, A*a*, *a*A, *aa*, données par la formule $(A+a)^2 = A^2 + 2Aa + a^2$. Les individus AA auront les cotylédons jaunes sans posséder le caractère des cotylédons verts même à l'état latent; les individus *aa* auront les cotylédons verts. AA et *aa* seront donc de pure race et reproduiront le type des grands-parents. Les individus A*a* et *a*A auront les cotylédons jaunes mais seront, comme leurs parents immédiats, de nature hybride, le caractère récessif *a* existant à l'état latent.

Ce qui vient d'être dit pour une paire A et *a* de caractères s'applique à une paire quelconque; d'ailleurs, toutes les paires sont indépendantes les unes des autres de sorte que, dans les hybrides, les caractères peuvent s'associer d'une façon quelconque. Supposons par exemple trois paires de caractères A et *a*, B et *b*, C et *c*. Le père ayant par exemple A, B, C et la mère *a*, *b*, *c*; la formule des hybrides de première génération sera A*a*, B*b*, C*c* et les combinaisons de la seconde génération seront fournies par le développement de la formule $(A+a)^2$ $(B+b)^2$ $(C+c)^2$.

Dans la seconde génération, chaque caractère sera représenté soit à l'état pur par AA ou *aa*, BB ou *bb*, CC ou *cc*, soit à l'état hybride par A*a*, B*b*, C*c*. Les individus qui possèdent un caractère à l'état hybride auront seuls une descendance variable par rapport à ce caractère. D'ailleurs, le nombre des individus présentant tel ou tel caractère à l'état pur ou à l'état hybride peut être prévu par le développement de la formule ci-dessus. Les caractères des parents s'associent dans l'hybride d'une façon absolument quelconque; une combinaison donnée a donc autant de chances de se produire que n'importe quelle autre, s'il s'agit de caractères Mendéliens, bien entendu.

Dans une expérience de Bateson (2) sur l'hybridation des Pois de senteur, les choses se passent autrement. On croise deux variétés différant par deux caractères. Dans l'une, la corolle est pourpre P et les grains de pollen allongées L; dans l'autre, la corolle est rouge p et les grains de pollen ronds l. Le caractère P est dominant par rapport à p, et L par rapport à l. Les hybrides de première génération auront pour formule Pp et Ll. D'après la règle générale, les caractères des hybrides de seconde génération seront donnés par le développement de la formule $(P+p)^2$ $(L+l)^2=(PL+Pl+pL+pl)^2$.

Sur 256 produits on devrait donc avoir, en tenant compte des caractères dominants, 144 individus avec corolle pourpre et pollen long, 48 avec corolle pourpre et pollen rond, 48 avec corolle rouge et pollen long et 16 avec corolle rouge et pollen rond. Or, au lieu des nombres 144, 48, 48, 16, Bateson a trouvé 177, 15, 15, 49. Les premiers nombres correspondent au cas où les 4 combinaisons possibles de caractères PL, Pl, pL, pl, se font en nombre égal dans chaque gamète et s'associent ensuite dans l'œuf d'une façon quelconque. Les seconds nombres, au contraire, correspondent au cas où les deux combinaisons PL et pl sont, dans chaque gamète, 7 fois plus nombreuses que les deux autres Pl et pL, de telle sorte que les associations de caractères trouvés par l'expérience seraient donnés par la formule $(7PL+Pl+pL+7pl)^2$.

Bateson a donné le nom de « gametic coupling » à ce fait que, dans certains croisements, certaines associations de caractères se produisent plus souvent que les autres. Dans de nouvelles expériences, l'inégalité a été trouvée plus grande que dans le cas précédent. En admettant que les choses aillent encore plus loin dans cette voie, on peut concevoir des hybridations où la plupart des combinaisons possibles ne se produiront qu'exceptionnellement, la très grande majorité des individus obtenus correspondant à un très petit nombre de combinaisons ou même à une seule.

Cette première exception aux lois de Mendel peut être considérée comme relative aux associations de caractères qui se forment dans un gamète. Une seconde exception observée également par Bateson (2) se rapporte aux combinaisons possibles des caractères associés dans un gamète avec les caractères associés dans l'autre gamète pour constituer les caractères de l'œuf. Certaines combinaisons paraissent impossibles et ne sont reproduites dans aucun individu. Ainsi, par exemple, dans les hybridations de Pois de senteur, le caractère de l'étendard replié n'est jamais associé au caractère de la corolle rose. Ces caractères sont incompatibles.

Les associations spéciales de caractères, ainsi que l'incompatibilité des caractères ont été observées dans les hybrides de seconde génération; les hybrides de première génération suivent la règle générale et sont tous semblables.

Voyons maintenant de quelle façon on peut appliquer le résultat des expériences de Bateson au cas de l'Œnothère de Lamark. On sait que les descendants de cette plante obtenus par autofécondation, sont semblables aux parents, sauf quelques-uns, 2 à 3 % environ, qui appartiennent à des types un peu différents, toujours les mêmes; les mutantes, ainsi apparues, ont les mêmes propriétés que l'Œnothère de Lamark, c'est-à-dire que tous leurs descendants, sauf quelques-uns, leur ressemblent. Les caractères spéciaux des mutantes issues de mutante, sont d'ailleurs les mêmes que ceux déjà observés dans les mutantes de premier ordre.

Si on admet, comme de Vries, que l'Œnothère de Lamark est de pure race et ne possède par conséquent aucun caractère à l'état hybride, les résultats des expériences ne peuvent être expliqués que par l'hypothèse des mutations. Admettons au contraire que c'est un hybride. Pour fixer les idées, supposons que les deux parents diffèrent par trois paires de caractères A et a, B et b, C et c; A, B, C étant dominants par rapport à a, b, c; la formule de l'un étant AA BB, CC par exemple et celle de l'autre aa, bb, cc. La formule de l'Œnothère de Lamark hybride serait donc Aa, Bb, Cc. Si les lois de Mendel étaient applicables à ce cas les formules possibles des descendants seraient données par le développement de la formule $(A+a)^2 (B+b)^2 (C+c)^2$ que l'on peut écrire :

(I) $(ABC+ABc+AbC+aBC+Abc+aBc+abC+abc)^2$

où chacun des 8 termes représente une des associations possibles des 3 caractères dans chacun des gamètes.

Supposons maintenant :

1° Que, pendant que les associations ABC et abc se font 300 fois, ABc, AbC, aBC se font deux fois et Abc, aBc, abc une fois.

2° Que dans l'œuf les combinaisons $A^2B^2C^2$, $A^2B^2c^2$, $A^2b^2C^2$, $a^2B^2C^2$, $A^2b^2c^2$, $a^2B^2c^2$, $a^2b^2C^2$ et $a^2b^2c^2$, où les caractères hybrides manquent, sont impossibles.

On voit que ces hypothèses sont de même nature mais un peu plus étendues que celles où Bateson a été conduit pour expliquer ses expériences. Voyons les conséquences qui en résultent. Il faut d'abord remplacer la formule (I) par la formule (II).

(II) $(300\,ABC+2ABc+2AbC+2aBC+Abc+aBc+abC+300abc)^2$

développer cette formule (II), supprimer dans le produit tous les termes que nous avons supposés impossibles et grouper les autres de façon à réunir ceux qui correspondent aux mêmes caractères. Il va sans dire que les termes où un caractère donné se trouve à l'état hybride, Aa par exemple, devront être réunis à eux où le caractère dominant A existe seul, puisque les individus qui correspondent aux deux cas ont les mêmes caractères apparents.

On arrive ainsi à trouver les nombres suivants pour chacune des combinaisons possibles :

A,B,C,	185.436
A,B,c,	1.210
A,b,C	1.210
a,B,C	1.210
A,b,c	600
a,B,c	600
a,b,C	600

L'Œnothère de Lamark présentant par hypothèse les caractères A B C, on voit que la très grande majorité de ses descendants, 97 % environ, lui ressembleront tout en ayant à l'état hybride au moins un des trois caractères considérés; les autres descendants, 3,2 %, différeront de l'Œnothère de Lamark au moins par un caractère, ce seront les mutantes. Il faut remarquer le parallélisme complet qui existe entre le cas hypothétique que j'examine et la réalité des faits observés.

Dans les deux cas : la proportion des mutantes est la même, 3 % environ; le nombre des types de mutantes est limité; le nombre des individus n'est pas le même pour tous les types; les mutantes, aussi bien que les plantes qui reproduisent la forme des parents, conservent la propriété de muter; les caractères spéciaux des mutantes du second degré sont les mêmes que ceux des mutantes du premier degré; il y a un nombre limité de caractères sur lesquels on retombe toujours.

Ces diverses propriétés ont été établies par les expériences de de Vries pour l'Œnothère de Lamark et, en développant la formule (II), on les retrouve dans chacun des termes du produit, après avoir éliminé, bien entendu, ceux que nous avons considérés comme impossibles. Chacun des individus correspondants renferme en effet au moins un caractère à l'état hybride. Si on lui applique les formules de Mendel modifiées par les hypothèses de Bateson, comme je viens de le faire pour l'Œnothère de Lamark, on arrive à un résultat analogue. On trouve toujours que les descendants sont semblables aux parents, sauf quelques exceptions qui sont les mutantes.

L'hypothèse que l'Œnothère de Lamark pourrait être un hybride n'est pas nouvelle. Bateson et Sounders l'avaient déjà émise en se fondant surtout sur la structure du pollen dont beaucoup de grains sont avortés, comme c'est fréquent chez les hybrides. Les circonstances mêmes de la création de cette espèce portaient à supposer sa nature hybride. On sait en effet que l'espèce avait été créée sous le nom d'*Œnothera grandiflora* par Lamark, sur un individu d'origine américaine et cultivé au Jardin des Plantes de Paris. Le fait que la plante, telle que Lamark l'avait décrite, n'avait pas été retrouvée à l'état spontané en Amérique, malgré des recherches réitérées, pouvait faire croire à une hybridation produite au Jardin des Plantes même. Mais tout récemment Tracy (3) a trouvé dans la Caroline du Sud une localité où l'Œnothère de Lamark paraît spontanée. On peut donc admettre que cette plante a été réellement importée d'Amérique en France et que l'hybridation, si on l'admet, remonte à une époque éloignée et s'est produite en Amérique.

L'interprétation que je propose pour les faits observés par de Vries repose donc sur une hypothèse dont il n'est pas possible de donner une démonstration directe. Mais, à défaut de démonstration, les hypothèses peuvent être justifiées par des analogies. La question est de savoir s'il y a plus d'analogies en faveur de l'hypothèse de la nature hybride de l'Œnothère de Lamark qu'en faveur de l'hypothèse des mutations périodiques faite par de Vries.

L'hypothèse des mutations périodiques qui donne une portée générale aux mutations de l'Œnothère de Lamark, non seulement ne peut être démontrée mais ne repose que sur des analogies lointaines. On ne connaît pas d'autres espèces actuellement en état de mutation. Pour citer d'autres exemples, de Vries est obligé de faire de nouvelles hypothèses et de supposer que les *Draba verna*, par exemple, actuellement constants, ont été à une certaine époque en état de mutation; mais rien ne vient justifier cette nouvelle hypothèse.

L'hypothèse de la nature hybride de l'Œnothère de Lamark se relie au contraire à de nombreux faits bien établis. L'Œnothère de Lamark est en effet, au point de vue de ses propriétés relatives à l'hérédité, intermédiaire entre le cas des hybrides de variétés soumis aux lois de Mendel et le cas des hybrides d'espèces qui sont constants et constituent de véritables espèces nouvelles.

On connaît d'ailleurs d'autres intermédiaires entre ces deux catégories extrêmes d'hybrides. D'abord, les Pois de senteur étudiés par Bateson et qui ne diffèrent des hybrides Mendéliens que par la fréquence plus grande de certaines combinaisons de caractères ou la disparition complète de certaines autres combinaisons. On a vu comment, en étendant le cas de Pois de senteur, on arrive à l'Œnothère de Lamark.

De Vries a de plus montré que, dans certaines hybridations, on pouvait obtenir deux formes différentes et constantes. Mac-Dougal (3) est allé plus loin dans cette voie et, en croisant l'*Œ. biennis* avec l'*Œ. muricata*, a obtenu 4 formes et non pas seulement une ou deux. Ces cas peuvent être rattachés à l'expérience de Bateson sur les Pois de senteur en faisant varier convenablement les coefficients dans la formule (II).

Les résultats fournis par les croisements sont si variés qu'il est difficile de formuler de règle générale simple. Lorsque les deux individus croisés ne diffèrent que par des caractères peu importants, les lois de Mendel peuvent s'appliquer et la descendance est variée. Plus les deux parents diffèrent l'un de l'autre, plus le nombre des types obtenus est restreint; lorsque la différence entre les parents est trop grande, les hybrides deviennent stériles ou même ne peuvent se produire. L'Œnothère de Lamark occupe une place intermédiaire sur cette échelle qui est d'ailleurs trop schématique pour représenter l'infinie complexité des faits.

En étudiant les combinaisons possibles des caractères chez les descendants de l'Œnothère de Lamark, j'ai supposé impossibles les combinaisons $A^2B^2C^2$ et $a^2b^2c^2$ qui par hypothèse étaient réalisées dans les plantes dont le croisement aurait produit l'Œnothère de Lamark. Cette supposition est justifiée par le fait ordinaire que, dans les hybrides d'espèce, la combinaison où les combinaisons qui se produisent seules sont, en général, autres que celles qui sont réalisées chez les parents. J'aurai pu d'ailleurs me borner à supposer impossible une seule combinaison $a^2b^2c^2$. Le seul inconvénient eut été que certains descendants n'auraient possédé aucun caractère à l'état hybride et par conséquent n'auraient pas eu de raison de donner de mutation. D'ailleurs, le nombre des lignées étudiées expérimentalement n'est pas assez grand pour qu'on puisse affirmer que la chose n'existe pas réellement.

Le peu d'importance des caractères qui distinguent les unes des autres les différentes espèces d'Œnothère du groupe *Onagra* est un nouvel argument en faveur de la nature hybride de l'Œnothère de Lamark. En examinant les Flores, on constate en effet chez les auteurs des opinions très différentes à ce sujet ; des espèces considérées comme indépendantes par certains ne sont pour les autres que de simples variétés. De plus, de Vries a montré que deux espèces voisines telles que l'*Œ. biennis* et l'*Œ. muricata* peuvent donner des hybrides fécondes et stables. L'existence, dans la nature, d'une Œnothère hybride stable n'a donc rien d'invraisemblable.

Lorsqu'on attribue une origine hybride à une plante, on indique généralement quels sont les parents. Le plus souvent même, la détermination des parents est purement arbitraire et simplement fondée sur cette opinion que les caractères d'un hybride se retrouvent plus ou moins chez les parents Mais les nombreuses expériences faites récemment en vue de la vérification et de l'extension des lois de Mendel ont montré que cette opinion n'était pas toujours vérifiée. Les caractères des parents peuvent quelquefois se combiner de façon à produire un caractère nouveau ; de même qu'en Chimie, les propriétés d'un composé peuvent ne rappeler que de très loin les éléments qui ont servi à le constituer. On a vu par exemple deux Pois de senteur à fleurs blanches donner un hybride à fleur rouge. Un Lapin hybride noir peut être issu de parents qui sont, l'un gris et l'autre blanc. Pour avoir le droit de supposer que l'Œnothère de Lamark est un hybride, il n'est donc pas nécessaire que cette plante soit, par ses caractères, intermédiaire entre deux espèces connues. D'ailleurs, je ne fais aucune supposition sur les parents probables de cette plante.

L'hypothèse de la nature hybride de l'Œnothère de Lamark n'a donc rien d'invraisemblable et explique d'une façon simple les faits observés par de Vries sur les mutations de cette plante. L'apparition des espèces nouvelles devient une application d'une théorie plus générale et établie sur d'autres exemples. Il est inutile dès lors d'avoir recours à l'hypothèse des mutations périodiques que rien ne vient confirmer, dans l'ensemble de nos connaissances.

L'hypothèse des mutations périodiques, fondée uniquement sur le cas de l'Œnothère de Lamark, devient donc inutile. Il ne s'en suit nullement que les mutations ou variations brusques ne jouent aucun rôle dans l'évolution des espèces. Les faits nombreux rassemblés par Darwin, de Vries, Bateson et d'autres, conservent leur valeur. La discussion qui précède ne s'applique qu'aux variations de l'Œnothère de Lamark dont les mutations ont un caractère tout à fait spécial.

On peut très bien admettre que, sous des influences diverses, certains individus puissent acquérir des caractères fixes qui les différencient nettement des autres individus de leur espèce ; l'histoire des animaux domestiques et des plantes cultivées nous fournit de nombreux exemples de ces variations qui peuvent se produire également en dehors de la sphère d'action de l'homme. Mais on n'a pas de raison de supposer qu'à un moment donné, et sous des influences tellement inconnues qu'on n'a même pas fait d'hypothèse sur leur nature, les espèces entrent dans un état de crise qui leur confère, pour un temps, la propriété de produire un nombre indéfini d'individus présentant les caractères d'espèces nouvelles.

Le problème de l'évolution des espèces reste donc entier ; on peut invoquer pour le résoudre l'influence du milieu, la sélection ou les variations spontanées, qu'elles soient brusques ou insensibles. Je n'ai point la prétention d'indiquer la part qui revient à chacun de ces facteurs, j'ai simplement essayé d'éliminer de la théorie générale de l'évolution une hypothèse qui ne me parait pas justifiée.

BIBLIOGRAPHIE

1. de Vries. — *Die mutations theorie.* — Leipzig 1901-1903 ;
2. Bateson. — *Mendel's principles of heredity.* Cambridge University Press. 1909 ;
3. Macdougal. — *Mutants and hybrids of the* Œnothera (Carnegie Institution of Washington, publication n° 24).

NOTES BIBLIOGRAPHIQUES

Bernard (Noël), **Remarques sur l'immunité chez les plantes.** (*Bulletin de l'Institut Pasteur*, tome VII, n° 9, 15 mai 1909).

On peut se demander si les phénomènes d'immunité chez les végétaux peuvent rentrer dans le cadre de la doctrine phagocytaire de Metchnikoff, qu'il s'agisse de la défense des organismes contre les microbes par phagocytose directe ou bien indirecte au moyen des sécrétions humorales de ceux-ci.

On a constaté déjà que les plantes peuvent modifier la nature de leurs sécrétions pour lutter contre les parasites, mais aucun cas de phagocytose directe n'a été mentionné.

M. N. Bernard en présente quelques cas et suggère, en partant de là, que les phénomènes de l'immunité ne diffèrent pas profondément chez les animaux et chez les végétaux.

A cause de leur membrane rigide, les cellules végétales ne se déplacent pas pour courir sus à l'envahisseur et l'englober comme le fait le phagocyte animal, mais la cellule digère l'envahisseur qui est généralement un champignon filamenteux; c'est une sorte de phagocytose sur place.

M. Bernard prend ses exemples chez les Orchidées qu'il a étudiées particulièrement et qui hébergent constamment des champignons, du genre *Rhizoctonia*, dans les cellules corticales de leurs racines. Habituellement cette association ne paraît pas défavorable à l'hôte, c'est un cas de symbiose. Cependant, si on réalise l'infestation des graines par des *Rhizoctonia* obtenus en culture pure, on se rend compte qu'un petit nombre seulement résistent et se développent. La symbiose est donc un état exceptionnel, rarement réalisé et relié par des transitions graduelles à la maladie infectieuse sous ses diverses formes; en somme, la symbiose est à la frontière de la maladie et le fait que l'embryon infesté se développera ou périra, dépend, soit des propriétés individuelles des embryons, soit de la nature spécifique et du degré de virulence des *Rhizoctonia* expérimentés.

M. Bernard montre que, même dans le cas où le champignon pénètre bien, il y a une sorte de lutte plus ou moins grande suivant les cas : les filaments se pelotonnent dans les cellules, ce qu'ils ne font pas dans la vie libre, et sans qu'on puisse l'expliquer par une action mécanique, il y a là quelque chose d'analogue à l'agglutination des bactéries; enfin, on observe communément la digestion des pelotons intracellulaires en même temps que l'activité de la cellule est attestée par la déformation du noyau. Ce phénomène est comparable, pour

M. N. Bernard, à la phagocytose et les masses de dégénérescence amorphes *(Klumpen)* que l'on trouve dans les cellules d'Orchidées, et que l'on croyait être des sécrétions gommeuses ou résineuses, ne seraient que des résidus de pelotons mycéliens digérés par les cellules où ils se forment

M. Bernard appuie ces faits généraux de la description détaillée et illustrée de figures, des phénomènes qui se produisent quand on inocule des embryons d'une même Orchidée (genre *Phalenopsis*) avec des *Rhizoctonia* différents. C'est ainsi qu'il cite trois cas :

1° L'embryon est inoculé avec le *Rhizoctonia lanuginosa*, qui n'est pas un commensal habituel de cette espèce. Le champignon pénètre par la partie postérieure vulnérable qui est bientôt envahie par le mycelium pelotonné, mais celui-ci ne dégénère pas. Il est arrêté cependant par une zone phagocytaire située en arrière du méristème terminal, où les pelotons sont digérés. L'invasion est alors enrayée et l'embryon (bien que ne se développant pas, faute de symbiose), reste plusieurs mois vert et vivant; en outre, il ne peut plus être pénétré par d'autres filaments du champignon. Il y a dans ce dernier fait une sorte d'immunité rapidement acquise, comparable au cas des animaux qui guérissent de maladies accidentellees bénignes après destruction des microbes par les phagocytes;

2° Si on inocule l'embryon avec le *R. mucoroides*, commensal habituel des *Phalenopsis*, il se produit d'abord l'invasion de la région postérieure, comme ci-dessus, mais, dans la première zone de phagocytes, la digestion ne se fait pas assez vite pour enrayer l'infestation et le champignon peut contourner des cellules plus en avant. Dès lors, un régime fixe s'établit : on observe à chaque moment, en avant de la région infestée, des phagocytes à noyau lobé prêts à remplir leur rôle, mais qui cependant se laissent traverser avant de l'avoir achevé. La progression des champignons, ralentie par leur pelotonnement constant, se règle pour ainsi dire sur la marche du développement, le sommet végétatif, par sa croissance, semble fuir devant les envahisseurs, il reste constamment indemne et arrive à produire un bourgeon qui s'enracinera et s'isolera sans avoir été atteint par le champignon. Après aura lieu l'infestation secondaire des racines;

3° Enfin, si on provoque l'association anormale de l'embryon avec le *R. repens*, elle devient mortelle. Après l'infestation il se produit d'abord quelques pelotons mais ils restent lâches et cessent bientôt de se former, les filaments progressent alors en ligne droite, envahissant tout l'embryon qui succombe sans autre réaction appréciable.

Chez les végétaux supérieurs, la symbiose avec les champignons entophytes est très commune, mais le phénomène a été peu étudié, car on n'a pu réaliser la culture desdits entophytes comme M. Bernard l'a fait pour les Orchidées. On commence cependant à connaître les phénomènes histologiques de l'infestation ; Janse et Gallaud notamment ont montré l'existence de faits que l'on peut assimiler à la phagocytose des Orchidées. Tels sont les arbuscules intracellulaires que Janse appelle « sporangioles » et qui se résorbent en « Klumpen » dans certaines cellules déterminées, sortes de phagocytes spécialement adaptés à la fonction défensive.

Lorsque la réaction de l'hôte n'est plus suffisante, nous arrivons au cas de « maladie ». Ce cas a été encore moins étudié que la symbiose au point de vue qui nous occupe ici. Cependant, dans les maladies locales et bénignes telles que le cas de plantes envahies par des Phytoptides ou Anguillules, observé par M. MOLLIARD, on voit se produire dans l'hôte, autour du parasite, une hypertrophie des cellules accompagnée de déformation du noyau rappelant celles des phagocytes; les soi-disant « suçoirs » des Péronosporacées et Urédinées décrits comme organes utiles pour la nutrition du champignon, peuvent n'être que des ramifications du mycélium arrêtées dans leur développement et ayant pris une forme anormale par suite d'une réaction défensive de la cellule envahie. Le noyau de celle-ci présente des déformations amœboides caractéristiques.

Les suçoirs eux-mêmes peuvent prendre les formes mamelonnées accolées au noyau qu'a décrites MAGNUS et qui rappellent les « Klumpen » des Orchidées ou les sporangioles de JANSE et GALLAUD.

« D'après cela, il peut paraître vraisemblable que dans le cas des maladies cryptogamiques comme dans celui de la symbiose, certaines cellules soient capables d'enrayer d'abord la progression des champignons en leur imposant des modes de végétation anormaux et de les détruire ensuite par phagocytose.

L'existence de propriétés de ce genre, qui paraissent assez générales, fait pressentir qu'il n'y a pas un abîme infranchissable entre les moyens de défense des plantes et ceux des animaux contre les parasites ». J. BEAUVERIE (Lyon).

⁂

Paul LINDNER. — **Atlas der mikroskopichen Grundlagen der Garungskunde**. (Paul Parey, éditeur, 1910, 168 planches avec 578 figures).

Cet Atlas comprend 168 planches renfermant chacune plusieurs microphotographies des microorganismes de la fermentation alcoolique et des produits végétaux qui servent à la préparation de la bière. L'auteur, qui est un des fondateurs de la zymologie, s'est proposé, en publiant ce livre, de mettre sous les yeux des zymologistes un grand nombre de microphotographies qui leur facilitent les déterminations de Champignons et de Bactéries. Son but est aussi de familiariser les débutants de cette science en leur présentant des figures, d'une rigoureuse exactitude, des organismes qu'ils ont besoin de connaître. La microphotographie leur permet de se faire une idée précise de certains organismes rares qu'ils ne peuvent pas toujours avoir sous la main, et remplace avantageusement les dessins qui, toujours un peu schématisés, donnaient parfois une représentation très incomplète de la réalité.

Toutes les microphotographies de cet Atlas ont été faites sur des cultures vivantes, soit par la méthode des cultures adhésives, inventée par Lindner, soit d'après des préparations étalées sur le porte-objet par l'auteur lui-même. C'est donc une œuvre considérable qu'a entreprise l'auteur, et dont on ne saurait trop le féliciter.

L'Atlas est précédé d'un texte aussi sommaire que possible qui donne les explications nécessaires pour la compréhension des figures. Les microphotographies sont groupées dans l'ordre suivant : l'auteur commence par les microorganismes ordinaires de l'eau (Cladothrix, Crenothrix, Chromatium, Beggiatoa, Diatomées, Cyanophycées, Infusoires, Amibes) ; ensuite, il représente des figures du développement et de l'anatomie de la graine d'Orge aux différents types de grains d'amidon. Enfin, dans une troisième partie, sont représentées, la plupart des levures industrielles ou de celles qui présentent des caractères morphologiques intéressants, ainsi que d'un grand nombre de moisissures (*Oïdium lactis, Endomyces fibuliger, Monilia variabilis, Dematium pullulans, Aspergillus oryzæ, Penicillium radiatum, Penicillium luteum, Catenularia fuliginea, Mucor racemosus, Amylomyces B, Cladosporium, Sachsia suaveolens, Rhacodium, Thamnidium elegans, Pilobolus cristallinus*, etc...).

Ce livre est un heureux complément du « *Mikroskopische Betriebkontrolle in den Gärungsgeweben* » dont le Prof. Lindner a publié récemment la 5e édition. Il est destiné à rendre de très grands services non seulement aux zymologistes, mais encore à tous ceux qui s'intéressent à la natomique et à la microbiologie, en leur facilitant les déterminations de Champignons, de Bactéries et d'Algues.

A. Guilliermond.

CHRONIQUES ET NOUVELLES

On annonce la mort de M. Camille Brunotte, Professeur de Matière médicale à l'École de Pharmacie de Nancy, Directeur du jardin alpin au Hohneck.

⁂

L'Académie des Sciences a décerné à M. Gustave Chauveaud, Directeur-adjoint à l'École des Hautes Études, Chef de travaux à la Faculté des Sciences, le prix Bordin (1910) pour un Mémoire inédit.

⁂

M. Raoul Combes a soutenu avec succès, le 11 juin, devant la Faculté des Sciences de Paris, une thèse de Doctorat ès sciences intitulée : *Détermination des intensités lumineuses optima pour les végétaux aux divers stades du développement*.

Lille. — Imp. LE BIGOT Frères. Le Gérant, Ch. Pieters.

MODE DE PUBLICATION & CONDITIONS D'ABONNEMENT

La *REVUE GÉNÉRALE DE BOTANIQUE* paraît le 15 de chaque mois et chaque livraison est composée de 32 à 64 pages avec planches et figures dans le texte.

Le prix annuel (payable d'avance) est de :

20 fr. pour Paris, les Départements et l'Algérie.
22 fr. 50 pour l'Étranger.

Aucune livraison n'est vendue séparément.

Adresser les demandes d'abonnements, mandats, etc., à M. l'Administrateur de la LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT, 1, rue Dante, à Paris.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. Gaston BONNIER, professeur à la Sorbonne, 15, rue de l'Estrapade, Paris.

Il sera rendu compte dans les revues spéciales *des ouvrages, mémoires ou notes dont un exemplaire aura été adressé au Directeur de la* REVUE GÉNÉRALE DE BOTANIQUE. *De plus, l'ouvrage envoyé sera annoncé immédiatement sur la couverture.*

Les auteurs des travaux insérés dans la *Revue générale de Botanique* ont droit gratuitement à vingt-cinq exemplaires en tirage à part.

PRINCIPAUX COLLABORATEURS
DE LA
Revue générale de Botanique

AUBERT, docteur ès sciences.

BATTANDIER, professeur à l'École de médecine d'Alger.

BECQUEREL (Paul), docteur ès sciences.

BERNARD, maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Caen.

BLARINGHEM, docteur ès sciences.

BOERGESEN, docteur ès sciences de l'Université de Copenhague.

BONNIER (Gaston), membre de l'Académie des Sciences.

BORNET, membre de l'Académie des Sciences.

BOUDIER, Correspondant de l'Institut.

BOUTROUX, professeur à la Faculté des Sciences de Besançon.

BRIQUET, prof. à l'Université de Genève.

BRUNOTTE, chargé de cours à l'École de pharmacie de Nancy.

CHAUVEAUD, directeur-adjoint à l'École des Hautes-Études.

COSTANTIN, professeur au Muséum d'Histoire naturelle.

COUPIN, chef de travaux à la Sorbonne.

DANIEL, professeur à la Faculté des Sciences de Rennes.

DASSONVILLE, de l'Institut Pasteur.

DEVAUX, professeur à l'Université de Bordeaux.

DUBARD, maître de Conférences à la Sorbonne.

DUCAMP, docteur ès sciences.

DUFOUR, directeur-adj. du Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau.

ERIKSSON (Jakob), professeur à l'Académie royale d'Agriculture de Suède.

FINET, préparateur au Muséum.

FLAHAULT, professeur à l'Université de Montpellier.

FLOT, docteur ès sciences.

FOCKEU, profes. à l'Université de Lille.

Friedel (Jean), Conservateur des Collections botaniques de la Sorbonne.

Gain, prof.-adj. à l'Université de Nancy.

Gallaud, docteur ès sciences.

Gatin, docteur ès sciences, préparateur à la Sorbonne.

Giard, membre de l'Académie des Sciences.

Goldberg, docteur ès sciences de l'Université de Varsovie.

Grélot, professeur à l'École supérieure de pharmacie de Nancy.

Griffon, professeur à l'École supérieure d'Agriculture de Grignon.

Guignard, membre de l'Académie des Sciences.

Guilliermond, docteur ès sciences.

Heckel, prof. à l'Université de Marseille.

Henry, prof. à l'École forestière de Nancy.

Hérissey, chef de travaux à l'École supérieure de Pharmacie de Paris.

Hervier (l'abbé Joseph).

Hickel, inspecteur des forêts.

Hochreutiner, docteur ès sciences, de l'Université de Genève.

Houard, Lauréat de l'Institut.

Houlbert, docteur ès sciences.

Hue (l'abbé), lauréat de l'Institut.

Hy (l'abbé), professeur à la Faculté catholique d'Angers.

Jaccard, professeur au Polytechnicum de Zurich.

Jacob de Cordemoy (H.), chargé de cours à l'Université de Marseille.

Janczewski (de), professeur à l'Université de Cracovie.

Jonkman, de l'Université d'Utrecht.

Jumelle, professeur à la Faculté des Sciences de Marseille.

Kolderup-Rosenvinge, docteur ès sciences, de l'Université de Copenhague.

Kövessi, inspecteur de la viticulture de Hongrie.

Lagerheim (de), prof. à l'Université de Stockholm.

Laurent, professeur à l'École de médecine de Reims.

Leclerc du Sablon, professeur à la Faculté des Sciences de Toulouse.

Lefèvre (J.), professeur à l'École des Sciences du Hâvre.

Lesage, maître de Conférences à l'Université de Rennes.

Lothelier, docteur ès sciences.

Lubimenko, assistant au Jardin Nikita, Crimée.

Macmillan (Conway), professeur à l'Université de Minnesota.

Magnin, prof. à l'Univers. de Besançon.

Maige, professeur à l'École supérieure des Sciences d'Alger.

Matruchot, prof.-adjoint à la Sorbonne.

Mer, directeur de la Station forestière de l'Est.

Mesnard, professeur à l'École de médecine de Rouen.

Mirande, professeur à l'Université de Grenoble.

Molliard, Professeur-adjoint à la Sorbonne.

Palladine, prof. à l'Université de Saint-Pétersbourg.

Paulsen (O^ve^), docteur ès sciences de l'Université de Copenhague.

Posternak, docteur ès sciences de l'Université de Zurich.

Poulsen, docteur ès sciences de l'Université de Copenhague.

Prillieux, membre de l'Académie des Sciences.

Prunet, prof. à l'Université de Toulouse.

Rabot (Charles), explorateur.

Ray, maître de conférences à l'Université de Lyon.

Richter (André), assistant à l'Université de Saint-Pétersbourg.

Ricôme, maître de Conférences à l'Université de Lille.

Russell (William), docteur ès sciences

Sabline, de l'Université de Saint-Pétersbourg.

Seignette, docteur ès sciences.

Smirnoff, de l'Université de St-Pétersbourg.

Téodoresco, docteur ès sciences, professeur à l'Université de Bucharest.

Thouvenin, professeur à l'École de médecine de Besançon.

Trabut, prof. à l'École de médec. d'Alger.

Tswett, de l'Université de Varsovie.

Vallot (J.), directeur de l'Observatoire du Mont-Blanc.

Van Tieghem, membre de l'Académie des Sciences.

Viala, prof. à l'Institut agronomique.

Viguier, docteur ès sciences, préparateur au Museum d'Histoire naturelle.

Vries (Hugo de), professeur à l'Université d'Amsterdam.

Vuillemin, professeur à la Faculté de médecine de Nancy.

Warming, prof. à l'Univ. de Copenhague.

Zeiller, membre de l'Académie des Sciences.

Lille. — Imp. Le Bigot frères. Le Gérant, Ch. Pieters.

REVUE GÉNÉRALE

DE

BOTANIQUE

DIRIGÉE PAR

M. Gaston BONNIER

MEMBRE DE L'INSTITUT

PROFESSEUR DE BOTANIQUE A LA SORBONNE

TOME VINGT-DEUXIÈME

Livraison du 15 Janvier 1910

N° 253

Entered at the New-York Post Office
as Second Class matter.

PARIS
LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT
1, RUE DANTE, 1
1910

B

LIVRAISON DU 15 JANVIER 1910

I. — LA VÉGÉTATION DE LA PARTIE INFÉRIEURE DU BASSIN DE LA MAUDRE (avec planche et figure dans le texte), par **M. Henri Humbert** . . . I

II. — TERMITES CHAMPIGNONNISTES ET CHAMPIGNONS DES TERMITES A MADAGASCAR (avec figures dans le texte), par **MM. Henri Jumelle** et **H. Perrier de la Bathie** 30

III. — CHRONIQUES ET NOUVELLES 64

Pour le mode de publication et les conditions d'abonnement voir à la troisième page de la couverture.

Cette livraison renferme dix figures dans le texte.

Pour tout ce qui concerne les Annonces, s'adresser à Monsieur l'Administrateur de la Librairie générale de l'Enseignement, 1, rue Dante, Paris (V^e).